西部经济林用材林品种繁育技术研究

张建国　裴东　张俊佩　毛向红　著





科学出版社
www.sciencep.com

(S-0378.0101)

西部经济林用材林品种繁育技术研究

生命科学分社
联系电话：010-64012501
http://www.lifescience.com.cn
e-mail：lifescience@mail.sciencep.com

销售分类建议：生物科学/林业科学



定 价：68.00 元

西部经济林用材林品种繁育技术研究

张建国　裴　东　张俊佩　毛向红　著

科 学 出 版 社

北　京

内 容 简 介

本书对我国中西部地区的几种经济林树种和用材树种的快速繁殖技术进行了比较系统地研究，重点探讨了无性规模化繁殖技术。研究树种包括核桃、美国黑核桃、枣树、沙棘、金丝楸、三倍体毛白杨、马褂木、北美鹅掌楸、山杨。

本书可供从事相关专业的科研人员、大专院校师生及基层林业科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

西部经济林用材林品种繁育技术研究/张建国等著. —北京:科学出版社，2007

ISBN 978-7-03-017689-9

Ⅰ. 西… Ⅱ. 张… Ⅲ. 经济林-良种繁育-研究-西北地区 Ⅳ. S727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 081640 号

责任编辑:李 悦 李久进 沈晓晶/责任校对:刘亚琦
责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社 出版
北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717
http://www.sciencep.com
中国科学院印刷厂 印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销
*
2007年2月第 一 版 开本: B5 (720×1000)
2007年2月第一次印刷 印张: 9 1/4 插页: 20
印数: 1—1 500 字数: 173 000

定价: 68.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换〈科印〉)

前　言

实施西部大开发，加快中西部地区建设是党中央高瞻远瞩、面向新世纪的一项战略决策。近年来，随着我国林业六大生态工程建设的推进，特别是退耕还林工程的实施，使农民的市场意识、商品意识和良种意识不断增强，退耕还林工程对林木优良种苗的需求急剧增加。鉴于此，从 2001 年开始，我们针对中西部地区的需求，重点对几种主要经济林树种和用材林树种的快速繁殖技术进行了比较深入的研究。研究树种包括核桃、美国黑核桃、枣树、沙棘、金丝楸、三倍体毛白杨、马褂木、北美鹅掌楸、山杨。除了对美国黑核桃进行了播种育苗技术研究外，其余树种主要是针对无性规模化繁殖技术进行了比较深入的探讨，取得了重要进展。研究成果的主要特点：一是对核桃室内嫁接技术和金丝楸嫩枝扦插技术进行了系统总结，提出了相应的技术规程，突破了核桃试管苗生根难的技术瓶颈；二是解决了生根困难树种三倍体毛白杨、马褂木、北美鹅掌楸和山杨的嫩枝扦插技术问题，为进一步推广应用奠定了基础。

西部地区经济林用材林良种壮苗快速繁殖技术研究是国家林业局重点项目，曾得到科技司李二波副司长、靳芳副司长的高度关注和大力支持，在此表示衷心地感谢！此外，还要感谢河南省洛宁县林业局徐虎智副局长和河北省涞水县林业局李荣海副局长，没有他们长期以来的大力支持和帮助，也就没有本项成果。

作　者

2006 年 3 月 12 日

目　　录

前言

1　核桃良种繁育技术研究 …… 1

1.1　试验地概况 …… 1

1.2　核桃室内嫁接技术研究 …… 2

1.3　核桃芽接技术研究 …… 9

参考文献 …… 13

2　核桃品种试管生根的研究 …… 14

2.1　材料和方法 …… 14

2.2　结果与分析 …… 15

2.3　讨论 …… 20

参考文献 …… 21

3　核桃属植物无性繁殖研究进展 …… 23

3.1　核桃的嫁接繁殖研究 …… 23

3.2　核桃试管无性繁殖研究进展 …… 27

参考文献 …… 29

4　河北省核桃栽培现状和发展对策 …… 32

4.1　栽培现状 …… 32

4.2　良种的选育和引进 …… 33

4.3　发展对策 …… 34

参考文献 …… 38

5　层积催芽对美国黑核桃种子发芽和苗木生长的影响 …… 39

5.1　材料和方法 …… 39

5.2　结果和分析 …… 40

5.3　结论 …… 44

参考文献 …… 44

6　美国黑核桃嫁接技术的研究 …… 45

6.1　材料和方法 …… 45

6.2　结果与分析 …… 45

6.3　结论 …… 51

参考文献 …… 51

7　美国黑核桃早期生长特性研究 …… 52

7.1　研究地点和研究方法 …… 52

7.2 黑核桃的生长特性 53
7.3 黑核桃、核桃楸、核桃生长特性的比较 54
7.4 核桃树高生长曲线 55
7.5 结论与讨论 55
参考文献 56
8 美国黑核桃的栽培及在我国的发展前景 57
8.1 美国黑核桃的分布和生长特性 57
8.2 美国黑核桃栽培中的关键技术环节 58
8.3 黑核桃在我国的发展前景 61
参考文献 62
9 良种大枣嫩枝扦插育苗技术 64
9.1 材料和方法 64
9.2 结果与分析 65
9.3 结论 68
参考文献 68
10 3个品种枣嫩枝扦插生根能力的比较研究 70
10.1 材料和方法 70
10.2 结果与分析 72
10.3 结论与讨论 75
参考文献 75
11 沙棘嫩枝和硬枝扦插育苗技术研究 76
11.1 试验材料与方法 76
11.2 实验结果 77
11.3 结果与讨论 82
参考文献 82
12 金丝楸嫩枝扦插试验研究 83
12.1 材料与方法 83
12.2 结果与分析 85
12.3 讨论 90
参考文献 90
13 马褂木和北美鹅掌楸嫩枝扦插试验研究 91
13.1 试验材料与方法 91
13.2 结果与分析 92
13.3 结论与建议 95
参考文献 95

14 三倍体毛白杨扦插试验研究 ………… 96
14.1 试验材料与方法 ………… 96
14.2 结果与分析 ………… 96
14.3 结果与讨论 ………… 100
参考文献 ………… 101
15 山杨嫩枝扦插育苗技术研究 ………… 102
15.1 试验材料与方法 ………… 102
15.2 结果与分析 ………… 103
15.3 结论与建议 ………… 104
参考文献 ………… 104
16 木本植物不定根发生的研究进展 ………… 105
16.1 无根试管苗不定根的产生 ………… 105
16.2 外植体生理状态对不定根发生的影响 ………… 106
16.3 生长素类物质对不定根发生的调控作用 ………… 106
16.4 多胺和酚类化合物对不定根发生的影响 ………… 108
16.5 生长素基因转化木本植物 ………… 109
16.6 促进核桃生根措施的研究 ………… 109
参考文献 ………… 110
附录：4个树种的繁育技术要点 ………… 113
优质核桃品种室内嫁接育苗技术要点 ………… 113
核桃高接技术要点 ………… 119
核桃优质苗木芽接技术要点 ………… 124
美国黑核桃播种育苗技术要点 ………… 128
枣树嫩枝扦插育苗技术要点 ………… 131
楸树嫩枝扦插育苗技术要点 ………… 133
图 版

1　核桃良种繁育技术研究

核桃是我国栽培历史悠久、种质资源丰富的干果树种之一，全国 20 多个省、自治区、直辖市均有栽培。全国核桃栽培总面积约 100 万 hm^2，共 12 000 万株，年产核桃 26 万 t，在栽培面积、总产量两方面均居世界第一位。但由于 20 世纪 80 年代以前，我国的核桃无性繁殖技术一直没有过关，无性繁殖能力非常低，因此，有史以来我国的核桃栽培一直是实生繁殖，现存的结果大树主要是核桃实生大树，因而也就造成我国核桃产量低、果品品质良莠不齐、商品价值极低的落后生产局面。这种生产方式也使我国核桃出口量在世界核桃贸易中所占的份额越来越低。自 20 世纪六七十年代美国、法国等西方先进国家实现品种化栽培以后，我国核桃出口占世界核桃贸易总量的比例由历史上最高的 40%～50%下降到 2001 年的 6.12%，而且其中绝大多数是去壳商品（5.47%），带壳的坚果只占 1.18%。价格也比世界贸易平均价格低 21.63%（其中带壳坚果低 31.84%、去壳果仁低 16.34%）。这种生产形势严重影响了广大果农的生产积极性，影响了我国核桃生产的发展，削弱了在国际核桃商品市场上的竞争力。可以说，实现核桃的无性繁殖、品种化和商品化栽培，是我国广大核桃生产者、经营者和消费者的共同愿望，也是我国核桃生产发展的唯一出路。

近些年来，随着国家西部大开发战略和退耕还林等林业生态工程的实施，政府优惠政策的不断出台，农民的市场意识、商品意识和良种意识不断增强，市场对核桃优良品种嫁接苗的需求量越来越大。鉴于此，我们从 2001 年开始对优良核桃品种的无性繁殖技术进行了比较系统的研究，目的是为良种的大规模应用提供技术支持。

1.1　试验地概况

本项研究的主要试验点设置在河北省涞水县林业局苗圃、赞皇县林业局苗圃和河北省林业科学研究院苗圃。选择这 3 个试验点主要是因为试验点有一定的前期基础，特别是已建立了一定规模的优良品种采穗圃，便于研究，能够尽快取得研究结果。

涞水县林业局苗圃地处涞水县城东 5km，北纬 39°21′、东经 115°20′，海拔 55.9m，年平均气温 11.9℃，总面积 7hm^2，苗圃内土地是河岸淤积而成的沙壤土。赞皇县林业局苗圃位于赞皇县城东 10km，北纬 37°39′、东经 114°22′，海拔 136.2m，年平均气温 13.3℃，总面积 54hm^2，苗圃土壤为褐色壤土，土质较为

黏重。这两个苗圃都是河北省林业局核桃良种繁育与推广骨干苗圃，具有较丰富的优种核桃苗木繁殖的技术经验和较完善的设备。河北省林业科学研究院地处石家庄市北郊，北纬 38°02′、东经 114°25′，海拔 80.5m，年平均气温 13℃，院内土壤为滹沱河河岸淤积土，为沙壤土。

根据原有的技术和设备基础，在 3 个试点分别进行了两种育苗技术研究，各有侧重，分工协作。涞水县林业局苗圃主要进行室内嫁接培育壮苗技术研究，赞皇县林业局苗圃侧重于芽接和露地嫁接培育壮苗技术研究，河北省林业科学研究院试验地进行了两种嫁接育苗试验。

1.2　核桃室内嫁接技术研究

1.2.1　材料与方法

1.2.1.1　试验材料

室内嫁接试验是在河北省林业科学研究院和涞水县林业局苗圃完成的。供试品种有：辽宁 1 号、辽宁 7 号、中林 1 号等早实核桃优良品种。接穗采自试点的采穗圃。采用的砧木是 1 年生核桃实生苗（本砧），砧木规格要求是基部直径达到 1cm，主根保留 20cm 以上，根系完整，苗干上无病害、冻害和机械创伤。

1.2.1.2　试验设施与方法

1）嫁接设施

室内嫁接的基础设施主要包括以下几个方面。

操作间：嫁接作业的地方，每一个作业组面积 10m²，操作间有加温设施，保证冬季作业时室温达到 15～20℃。

愈合室（催醒室）：用来进行砧木、接穗催醒和嫁接体愈合，有增温设备和加湿设施，有较好的保温保湿能力，嫁接体愈合期间能够保证室温稳定在 25℃以上，空气相对湿度保持在 80％以上。愈合室内建有温床。

温床：用来完成砧木或接穗催醒和嫁接体愈合的设施。温床为长方形，内径宽 1.2～1.5m，长度一般 5～6m，四周墙高 0.5～0.6m，温床底铺电热线，外接控温仪，温床内放 40～50cm 厚的粗锯末作为愈合基质，锯末入床前先用 40％的甲基托布津 1000 倍稀释液消毒，并用清水将锯末加湿到含水量为 50％～55％。嫁接体愈合时要求基质的湿度为 50％～55％。

温室（大棚）：用来移栽经过愈合的嫁接体，温室（大棚）一般为东西走向，北侧为保温墙，南侧为拱形棚架，跨度为 6～8m，棚高 2.5～3m，长度一般为 30～40m。棚内安装暖气或火墙，有喷水设施，棚上有草帘，白天遮阴，夜间保温。入冬前的 10 月底，棚内土壤施入经过腐熟的有机肥，并盖膜扣棚。栽苗后，棚内地温保持 17～20℃，气温保持在 10～30℃。

2）嫁接方法

核桃室内嫁接采用舌接法。具体技术环节如下：

砧木和接穗催醒：嫁接前将主根保留 18～20cm、侧根保留 10～15cm，剪除病、伤侧根，假植于催醒床中 5～7d，床内基质温度为 15～25℃。

将储藏的接穗分清品种埋在催醒床内催醒 1d 或 2d。温床内锯末的含水率为 50%～55%，温度为 25～26℃。

嫁接：嫁接时，要求砧木与接穗粗度基本一致，嫁接口保持干净无污染，接后用塑料条绑严绑紧，入床愈合前用湿麻袋片盖严保湿。

嫁接体的愈合：将嫁接体倾斜单层摆放于温床上的锯末中，愈合期间，室温要求在 25℃以上，温床上锯末的温度保持 26～30℃，锯末湿度保持 50%～55%，一般需要 8～15d。

3）嫁接体的移栽

嫁接芽芽体萌动呈握手状时进行移栽。移栽按株行距根据移栽方法不同而异。3 月下旬（以室外气温稳定通过 15℃为准），开始逐渐通风揭棚炼苗，揭棚 10～15d 后对临时移栽的苗木进行大田移栽。

大棚移栽（即温室内移栽）：是室内嫁接最常用的移栽方法，将愈合后的嫁接体按株行距（12～15)cm×(20～25)cm（永久移栽）或（7～8)cm×15cm（临时移栽）栽植到温室（大棚）中，移栽行向南北向，开沟深 20～25cm，将嫁接体按要求的密度摆放在沟内，先埋 2/3 的土并踏实，然后在栽植沟内浇水，水渗后把栽植沟埋平，栽植深度以嫁接口露在地面上为准，每栽 4～6 行作一畦。栽后 7～10d 内，每天 10～16 时根据棚内空气温度和湿度用微喷设备喷水 3～5 次。到 3 月下旬（以室外气温稳定通过 15℃为准），开始逐渐通风揭棚炼苗，直至完全揭开大棚。

大田移栽：将临时栽在大棚里经过锻炼的苗木起出，剪去 1/3～1/2 的叶片，用 50mg/kg 生根粉液浸根后按 25cm×40cm 的株行距移栽到大田。栽后 10d 内，每天叶面喷水 3～5 次，日照过强时遮阴。缓苗期（30d 左右）内每 7d 浇水一次。

简易棚移栽：简易大棚是指在早春季节为提高地温和气温而建的临时大棚，一般为拱形，大棚要建在背风向阳的地方，棚高 1.5～1.7m，宽 3～4m，常以地形和苗木多少而定。初冬土壤结冻前整好地，立好棚架。早春土壤化冻前扣棚，使土壤提前化冻并提高地温。3 月底 4 月初当地温升至 15℃左右时即可栽苗。按行距 25～30cm、株距 15～20cm 的密度栽植。栽植方法与温室（大棚）相同，由于临时大棚没有遮阴设施，晴天棚内温度较高，移栽后的前 10d 每天要喷水 5 或 6 次以降温增湿，待到接芽开始生长后，可以通过逐渐通风的方式降温，但仍要通过喷水保证棚内的土壤湿润和空气湿度。苗木在棚内生长 30～50d，稳定通过当地的晚霜期后逐渐揭膜锻炼，最后撤掉拱棚，按大田育苗管理技术正常管理。

1.2.1.3　试验内容

为提高核桃嫁接的成活率和培育良种壮苗，在研究核桃嫁接方法的同时，主要就以下几个关键技术进行了试验研究。

1）接穗含水率对嫁接成活率的影响

判断接穗质量的好坏一方面是根据枝条的充实度和芽的饱满程度，另一个重要方面就是接穗的含水率，这是接穗生命力和新鲜程度的重要标志。试验采用的品种是辽宁1号，砧木为1年生核桃实生苗，采用常规的室内嫁接方法和管理方法。试验用接穗于2001年11月底采剪，然后保湿包装放到低温冷库中储存。从2002年2月13日开始，每隔两天取出一批放到室温下自然失水，共分6个批次，嫁接前测量接穗的含水率，每个处理50株，3次重复，试验是在2002年2月23日同天由同一组嫁接工完成。嫁接体愈合15d后，出床调查每一处理嫁接体的成活率。成活标准：接口愈合良好，接穗皮部新鲜，没有腐烂变色现象，接芽已萌动或开始膨大。

2）不同嫁接时间对成活率的影响

不同时期嫁接，不仅影响接口愈合时间的长短，也在一定程度上影响嫁接的成活率。根据核桃室内嫁接的习惯，试验从2001年12月下旬到核桃树已经开始萌动的2002年4月中旬，每隔30d设一个处理，共设了5个时间处理。试验品种为辽宁1号，砧木为1年生核桃实生苗，每个处理200株，3次重复，所有处理的嫁接均由同一组嫁接工完成。分别在愈合完成出床时调查每一处理嫁接体的成活率。成活标准：接口愈合良好，接穗皮部新鲜，没有腐烂变色现象，接芽已萌动或开始膨大。

3）愈合基质温度对成活率的影响

愈合基质的温度是影响嫁接伤口愈伤组织形成进而影响嫁接体愈合的关键因子。为确定基质最适宜的温度（接口部位），试验设计了20℃、24℃、28℃、32℃和36℃5个不同温度的处理。试验分别在室内温度和空气湿度控制相同的愈合室内的5个温床上进行，温床内基质的温度由自动控温仪控制，感温探头插在距基质面20cm处（嫁接体的接口处），温床在嫁接前已经调好温度，并稳定运行3d以上，基质的种类均为粗锯末，基质湿度同为50%。试验采用的品种为中林1号，砧木为1年生核桃实生苗。所有试验处理均由同一组嫁接工完成，每个处理200株，3次重复。试验于2002年2月10日进行嫁接，在温床内愈合15d后出床调查各试验处理的嫁接体的成活情况。成活标准：接口愈合良好，接穗皮部新鲜，没有腐烂变色现象，接芽已萌动或开始膨大。愈合期间的其他管理方法同前述嫁接体管理。

4）不同栽植方式的研究

几年来的核桃育苗实践证明，影响室内嫁接苗木质量的关键因素是嫁接愈合后苗木的移栽以及移栽后苗木的生长环境。确切地说是指移栽后苗木的缓苗过程

及栽苗后苗木生长所处的土肥水条件和生长空间。现行的嫁接体移栽的方法均存在着一定的局限性：①大棚移栽，由于建棚造价较高，在移栽时为降低成本，栽植密度都超过大田栽植密度，造成苗木间个体发育不整齐，到生长后期，弱小苗就会处于极度郁闭的条件下，生长衰弱，发育不充实，甚至会抽死，严重影响苗木质量和成苗率。②大田移栽是在大棚移栽基础上进行的二次移栽，在一年内需要二次缓苗，影响苗木生长，苗木质量较差。简易棚移栽的缺点：一是在时间上，冬季无法使用，必须等到早春气温较高时应用；二是由于建棚费工费时，也需要一定的成本，在规模上也受到较大的限制，因此移栽密度也无法达到大田的栽植密度，苗木的整齐度和充实程度较差。

为了探讨培育壮苗的途径，进行了营养杯移栽技术试验。营养杯采用厚0.08～0.1mm的塑料膜圆桶，直径18cm，高20～25cm；营养土配方按土（中到重壤土）：腐熟有机肥：三元复合肥=4：1：0.02的比例配置。栽植时，将已经愈合并已萌发的嫁接体栽在营养杯中，栽苗深度以嫁接口露在土面以上为准。将栽好苗的营养杯紧密摆放在温室（大棚）中，每8～10行为一畦，畦间留25～30cm宽的作业道，栽后立即灌透水一次，以后根据棚内温度和空气湿度每天喷水4或5次。5月中下旬稳定通过晚霜期后，将营养杯苗带土团移入大田。

1.2.2 结果与分析

1.2.2.1 接穗含水率对嫁接成活率的影响

表1.1表明，接穗含水率与嫁接成活率有着非常显著的关系。试验结果表明，当接穗含水率达到鲜穗正常含水率（51%左右）时，嫁接成活率最高，可达到90%以上，极显著地高于接穗含水率降到41%以下时嫁接的成活率。接穗41%的含水率是一个生产临界值，低于这一含水率，接穗在生产上就丧失了应用价值；接穗含水率32%左右是核桃愈伤组织产生的临界值，低于这一指标，核桃伤口基本不产生愈伤组织。

表1.1 接穗含水率与嫁接成活率关系

处理号	接穗含水率/%	成活率/%			平均成活率/%	5%显著水平	1%极显著水平
		重复1	重复2	重复3			
1	50.6	92	96	92	94.0	a	A
2	46.1	82	80	76	79.3	a	AB
3	41.4	64	62	54	60	b	B
4	38.9	28	38	32	32.7	c	C
5	35.3	14	10	8	1.7	d	D
6	32.7	0	0	2	0.7	e	E

注：字母相同表示无显著性差异，字母不同表示差异显著（表1.2～1.5、表1.7、表1.9～表1.11相同）

1.2.2.2　不同嫁接时间对成活率的影响

表 1.2 表明，冬季室内嫁接的时间对嫁接的成活率有一定的影响，在试验的 5 个时间处理中，以 2 月 10 日和 3 月 10 日两个时间处理的成活率最高，以最早的 12 月 10 日的成活率最低。经最小显著性差异（LSD）法测验，2 月 10 日和 3 月 10 日两个时间处理与 12 月 10 日和 1 月 10 日两个时间处理的成活率有极显著差异。造成成活率差异的原因可能与接穗和砧木的春化程度有关。嫁接前，虽然对砧木与接穗进行了预催醒处理，并使形成层开始活动，但 12 月和 1 月砧木和接穗接受低温处理的时间较短，形成层细胞仍处于一定程度的休眠状态，因此影响了形成层细胞产生愈伤组织的活力。

表 1.2　不同嫁接时间对嫁接成活率的影响

嫁接时间	成活率/%			平均成活率/%	5%显著水平	1%极显著水平
	重复 1	重复 2	重复 3			
12 月 10 日	76.5	81	79	78.8	b	C
1 月 10 日	84	79.5	82.5	82.0	b	BC
2 月 10 日	95.5	86.5	93.5	91.8	a	A
3 月 10 日	91.5	96	94.5	94.4	a	A
4 月 10 日	88.5	91.5	89	89.7	a	AB

1.2.2.3　愈合基质温度对嫁接成活率的影响

从表 1.3 可以看出，愈合温床基质的温度对核桃冬季室内嫁接体的愈合与成活至关重要。试验以 20℃为起点，随着基质温度的升高，嫁接体的成活率也逐步升高，当基质温度达到 28℃时，嫁接成活率达到最高峰，以后又随着基质温度的升高而逐步降低，当基质温度达到 36℃时，成活率降到接近零。经最小显著性差异法测验表明，各处理之间成活率的差异均达到极显著水平。从出床时嫁接体的情况来看，温度过高和过低嫁接体腐烂的现象比较严重。温度过高，容易烫伤植物组织，引起腐生菌的感染；温度过低，嫁接体在长期的高温高湿环境下，也容易引起霉菌的感染。因此，核桃冬季室内嫁接愈合温床基质的适宜温度应该是 28℃左右。

1.2.2.4　不同栽植方式对苗木生长量的影响

1）对苗木高生长的影响

表 1.4 表明，不同栽植方式对苗木高生长的影响主要体现在苗高和整齐度上，经方差分析和最小显著性差异法测验，营养杯移栽的苗木的平均高度极显著高于大棚移栽和大田移栽，与简易棚移栽差异显著；简易棚移栽极显著高于大田移栽，4 个处理中，以大田移栽平均苗高最小。从苗木的整齐度来看，以大田移

栽最好，其样本标准差也最小（29.1754），营养杯移栽次之，标准差为39.3083，简易棚移栽再次之，标准差为43.4672，大棚移栽苗木整齐度最差，样本标准差也最大（54.5167）。

表 1.3 愈合基质温度对嫁接成活率的影响

处理温度/℃	成活率/%			平均成活率/%	5%显著水平	1%极显著水平
	重复 1	重复 2	重复 3			
20	4.5	3.0	2.5	3.0	d	D
24	32.0	29.5	34.5	32.0	c	C
28	94.5	90.0	93.0	92.5	a	A
32	54.5	58.0	47.0	53.2	b	B
36	0	2.5	1.0	0.5	e	D

表 1.4 不同移栽方法对苗高的影响

移栽方法	苗高/cm									平均苗高/cm	5%显著水平	1%极显著水平
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
大棚移栽	112	21	31	7	17	5	190	8	79	52.26	bc	BC
	58	6	15	66	64	9	74	7	56			
	20	61	198	12	12	19	67	10	210			
	6	59	86	61	5	95	6	43	26			
	9	6	18	146	68	21	5	11	58			
	112	170	10	57	91	—	—	—	—			
大田移栽	18	60	25	13	74	136	14	62	17	41.98	c	C
	20	13	60	10	12	62	117	24	65			
	14	63	13	46	21	12	80	71	71			
	64	19	68	24	26	71	15	31	61			
	27	31	51	11	31	67	60	12	65			
	61	18	10	62	21	—	—	—	—			
营养杯移栽	71	64	32	64	28	112	61	67	35	83.14	a	A
	34	69	137	39	89	116	97	76	195			
	121	60	76	127	114	80	68	79	34			
	41	36	61	79	87	176	121	21	132			
	127	87	98	74	60	64	29	78	143			
	131	78	90	138	61	—	—	—	—			

续表

移栽方法	苗高/cm									平均苗高/cm	5%显著水平	1%极显著水平
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
简易棚移栽	78	67	23	67	17	23	15	62	178	67.30	ab	AB
	132	16	87	89	15	46	76	98	23			
	60	75	17	81	46	76	15	96	66			
	71	57	77	58	16	86	132	89	15			
	78	90	146	64	19	78	36	197	17			
	161	34	61	69	70	—	—	—	—			

2）对苗木茎粗生长的影响

表 1.5 表明，在苗木的增粗生长上，4 个处理中以营养杯移栽苗木的平均粗度最大，简易棚移栽的次之，以大棚移栽的平均粗度最小，4 个处理之间的差异均达到极显著的水平。同时，从苗木增粗生长的整齐度来看，也以营养杯移栽的最好，其样本标准差为 0.2759，以简易棚移栽的最差，样本标准差为 0.3251。

表 1.5 不同移栽方法对苗木径粗的影响

移栽方法	苗径/cm									平均苗径/cm	1%极显著水平
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
大棚移栽	1.2	0.7	0.8	0.6	0.6	0.6	1.5	0.6	1.2	0.92	D
	1.0	0.6	0.7	1.1	1.0	0.7	1.0	0.6	0.9		
	0.7	1.0	1.6	0.7	0.6	0.8	1.3	0.7	1.8		
	0.7	1.0	1.1	1.3	0.6	1.3	0.6	1.0	0.8		
	0.6	0.6	0.7	1.6	1.2	0.7	0.6	0.6	0.9		
	1.2	1.5	0.7	1.0	1.2	—	—	—	—		
大田移栽	1.0	1.0	1.2	0.9	1.6	2.0	0.8	1.6	1.0	1.21	C
	1.1	0.8	1.6	0.7	1.0	1.4	1.7	1.1	1.6		
	1.0	1.3	0.9	1.3	1.0	0.8	1.7	1.4	1.6		
	1.4	1.0	1.5	1.1	1.1	1.6	0.9	1.1	1.5		
	1.0	1.3	1.4	0.9	1.2	1.5	1.3	0.9	1.5		
	1.4	0.9	0.9	1.2	0.9	—	—	—	—		
营养杯移栽	1.6	1.5	1.3	1.4	1.1	1.8	1.4	1.5	1.2	1.60	A
	1.3	1.5	2.0	1.3	1.6	1.8	1.7	1.6	2.3		
	1.8	1.4	1.6	1.9	1.7	1.5	1.6	1.7	1.2		
	1.3	1.2	1.4	1.6	1.7	2.1	1.9	1.3	1.9		
	1.9	1.6	1.8	1.6	1.3	1.4	1.2	1.5	2.1		
	1.9	1.6	1.9	2.0	1.6	—	—	—	—		

续表

移栽方法	苗径/cm									平均苗径/cm	1%极显著水平
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
简易棚移栽	1.6	1.4	1.0	1.5	0.9	1.0	0.8	1.4	2.1	1.40	B
	1.8	1.0	1.4	1.5	1.0	1.4	1.4	1.6	1.2		
	1.5	1.5	1.0	1.6	1.3	1.5	0.9	1.6	1.4		
	1.4	1.3	1.4	1.4	1.0	1.6	2.0	1.5	0.9		
	1.6	1.7	2.0	1.5	1.0	1.5	1.2	2.2	1.0		
	1.8	1.1	1.4	1.5	1.5	—	—	—	—		

3）对成苗率和一级苗率的影响

表 1.6 表明，从抽测的不同栽植方法的成苗率来看，以大棚移栽最高，营养杯移栽次之，两个处理间成苗率相差不大，但营养杯移栽处理的一级苗率则远远高于大棚移栽，也明显高于其他两个处理。

表 1.6　不同栽植方法成苗情况

移栽方法	成苗率/%	一级苗率/%
大棚移栽	93.6	37.1
大田移栽	79.1	42.4
营养杯移栽	92.8	82.9
简易棚移栽	87.9	63.5

注：以愈合出床嫁接体的数量为 100%

1.3　核桃芽接技术研究

1.3.1　材料与方法

1.3.1.1　试验材料

试验是在河北省林业科学研究院和赞皇县林业局苗圃完成的。供试品种为经过国家和各省认定的早实和晚实核桃优良品种。接穗采自当地的采穗圃。砧木用 1 年生核桃实生苗（本砧），砧木规格要求所嫁接部位（距地面 10cm 左右）的干径在 0.8cm 以上。苗干上无病害、冻害，生长健壮。

1.3.1.2　试验内容与方法

1）不同品种芽接成活率试验

为探索核桃优良品种的嫁接亲合力，进行了不同品种的芽接试验，试验采用的品种中早实品种有：中林 1 号、中林 5 号、辽宁 1 号、辽宁 7 号、鲁光、香玲；晚实品种有：晋龙 1 号、冀丰、里香、礼品 1 号和礼品 2 号。接穗采自赞皇

县林业局苗圃的优种核桃资源圃，均为采穗当天嫁接。在选芽上，去掉顶部的不成熟芽和基部的瘪芽，采用中部的饱满芽。嫁接采用单开门方块芽接法，嫁接时间为 2002 年 6 月 2 日，每个小区 150 株，3 次重复，接后 10d 内未遇明显降水。

2）不同时期嫁接与成活率和苗木生长量关系试验

核桃不同时期芽接由于气温、空气湿度等外部环境不同，成活率有较大差异。同时，由于接后苗木生长期的不同，生长量也有很大差异。为了研究不同时期嫁接对成活率和苗木生长量的影响，2002 年我们在河北省林业科学研究院进行了不同时期芽接试验，试验设 5 月 25 日、6 月 15 日、7 月 5 日 3 个时期处理，每一批嫁接了 1000 株。试验采用单开门方块芽接，为了排除因嫁接技术等人为因素的影响，三批嫁接均由 5 名熟练工共同完成。试验品种为辽宁 7 号。接后 30d 对成活率进行了统计，秋季落叶后对不同时期嫁接苗木的生长量进行了调查。

1.3.2 结果与分析

1.3.2.1 不同品种与嫁接成活率的关系

试验结果表明（表 1.7），不同品种与核桃砧木的亲合力没有明显的区别，嫁接的成活率经过最小显著性差异法测验，各处理间的差异均未达到 5%显著水平。从试验结果中看出，晚实品种芽接的成活率比早实品种稍高，分析认为，主要原因是晚实品种枝条的侧芽以单芽为主，芽体比较饱满，且芽基平滑无隆起现象；而早实品种新梢的一个节位一般都着生一主一副两个芽，芽基有隆起现象，嫁接后芽片与砧木的贴紧程度比晚实品种稍差，可能在一定程度上影响嫁接的成活率。

表 1.7 不同品种对嫁接成活率的影响

品 种	成活率/%			平均成活率/%	5%显著水平
	重复 1	重复 2	重复 3		
中林 1 号	86.7	87.3	86.0	86.7	a
中林 5 号	90.0	87.4	84.7	87.4	a
辽宁 1 号	92.7	89.3	84.6	88.9	a
辽宁 7 号	90.7	92.0	83.3	88.7	a
鲁 光	86.0	88.7	92.6	89.1	a
香 玲	84.0	87.3	89.3	86.9	a
晋龙 1 号	86.7	92	95.3	91.3	a
冀 丰	93.3	92.0	88	91.1	a
里 香	89.3	94.4	86.0	89.9	a
礼品 1 号	91.3	90.0	86.7	89.3	a
礼品 2 号	88.0	86.0	88.7	87.6	a

1.3.2.2 不同时期嫁接与成活率和苗木生长量的关系

2002 年 11 月上旬，在 3 个不同时期处理嫁接的苗木中，每个处理随机抽取了 3 组，每组 20 株苗木，调查了苗高、苗地径两项指标，同时对调查的数据进行了统计分析，结果如表 1.8、表 1.9 和表 1.10 所示。

嫁接后 30d，对 3 个处理的嫁接成活率进行了调查，每个处理随机调查了 200 株；11 月上旬，对 3 个处理苗木的成苗率和一级苗率进行了调查，调查结果见表 1.11。

表 1.8 苗木生长情况调查表 （单位：cm）

嫁接日期	调查项目		调查数据										平均
5月25日	苗高	A	132	141	58	108	129	134	151	145	98	132	122.5
			153	89	59	152	149	131	56	138	143	152	
		B	139	151	139	148	131	89	127	58	135	153	121.6
			47	150	136	142	149	132	141	59	54	152	
		C	59	147	139	143	107	145	151	146	54	91	121.9
			57	153	150	124	148	152	49	147	150	126	
	地径	A	1.5	1.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	1.8	1.1	1.6	1.54
			2.0	1.2	1.0	1.9	1.7	1.5	1.1	1.6	1.7	2.0	
		B	1.4	1.8	1.5	1.8	1.5	1.1	1.3	1.0	1.4	2.0	1.51
			0.9	1.8	1.7	1.8	1.8	1.6	1.7	1.1	0.9	2.0	
		C	1.0	1.7	1.4	1.8	1.2	1.8	1.9	1.8	1.0	1.2	1.49
			0.9	2.0	1.7	1.2	1.6	1.8	0.8	1.7	1.9	1.3	
6月15日	苗高	A	110	112	97	104	97	116	56	109	59	78	94.3
			109	57	113	114	110	97	59	86	113	90	
		B	56	82	39	98	114	109	110	103	98	99	93.9
			114	57	98	112	107	59	94	108	115	106	
		C	97	89	113	108	109	96	58	106	99	81	93.8
			116	112	105	102	104	110	57	47	51	116	
	地径	A	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.4	1.5	1.4	1.0	1.2	1.22
			1.3	0.9	1.0	1.4	1.3	1.2	1.0	1.1	1.3	1.1	
		B	0.9	1.0	0.8	1.2	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.18
			1.4	0.9	1.2	1.4	1.2	0.8	1.1	1.2	1.4	1.5	
		C	1.1	1.0	1.4	1.3	1.4	1.2	0.9	1.3	1.1	1.0	1.21
			1.6	1.5	1.3	1.2	1.3	1.5	0.9	0.8	0.8	1.6	

续表

嫁接日期	调查项目		调查数据										平均
7月5日	苗高	A	31	24	45	37	32	51	23	49	52	37	38.9
			50	39	41	44	28	43	37	21	44	50	
		B	37	49	35	51	41	27	36	44	31	43	40.1
			49	51	23	32	30	51	48	31	48	51	
		C	47	41	43	21	33	35	49	47	21	50	38.1
			42	30	37	44	29	43	36	47	29	37	
	地径	A	0.6	0.5	0.9	0.8	0.6	1.0	0.6	0.9	0.9	0.7	0.78
			1.0	0.8	0.8	0.9	0.6	0.9	0.8	0.6	0.8	0.9	
		B	0.8	1.0	0.7	0.9	0.8	0.6	0.8	0.9	0.6	0.9	0.83
			1.0	1.1	0.6	0.7	0.6	0.9	1.0	0.7	1.0	0.9	
		C	1.0	0.9	0.9	0.6	0.7	0.7	1.0	0.9	0.6	0.9	0.79
			0.8	0.6	0.7	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9	0.6	0.7	

表 1.9 嫁接时间对嫁接苗高生长的影响

嫁接日期	苗高/cm			平均苗高/cm	1%极显著水平
	重复 1	重复 2	重复 3		
5月25日	122.5	121.6	121.9	122	A
6月15日	94.3	93.9	93.8	94	B
7月5日	38.9	40.1	38.1	39	C

表 1.10 嫁接时间对嫁接苗粗生长的影响

嫁接日期	地径/cm			平均地径/cm	1%极显著水平
	重复 1	重复 2	重复 3		
5月25日	1.54	1.51	1.49	1.51	A
6月15日	1.22	1.18	1.21	1.20	B
7月5日	0.78	0.83	0.79	0.80	C

表 1.11 不同时期嫁接对苗木质量及成苗率的影响

嫁接时期	调查株数/株	成苗率/%	一级苗率/%	嫁接成活率/%
5月25日	200	89.5	92.0	94.5
6月15日	200	84.0	81.5	91.0
7月5日	200	46.5	17.5	73.5

注：成苗率：达到省标2级苗以上苗木数量与嫁接总数之比（省标2级苗标准：嫁接部位≥30cm，基径≥0.8cm）

从试验结果看，5月25日嫁接的成活率、苗高、地径3项指标最好，其中苗高和地径两项指标在3个时间处理之间均达到了极显著的水平，这说明，嫁接时期是影响嫁接成活率和苗木质量的最关键因素之一。3个处理间，虽然每个时间段相差只有20d，但苗木生长量却相差悬殊，而且成苗率也有较大的差距。5月25日嫁接的平均苗高达到122cm，一级苗率高达92.0%，而7月5日嫁接的平均苗高只有39cm，一级苗只有17.5%。因此可以认为，在河北省中南部及气候类似的地区，芽接的适宜期是5月下旬至6月中旬，在允许的时间范围内，尽可能早接可以有效地提高嫁接成活率、成苗率和苗木质量。

参考文献

方文亮，王定，黄谦等．1994．核桃蓄热保湿嫁接方法的研究．云南林业科技，(1)：38～44

郭金耀，杨晓玲．1994．核桃营养繁殖的新技术．山西农业大学学报，14（1)：64～65

何正伦，戴兴隆．1998．温度对核桃嫁接成活率的影响．林业科技通讯，(3)：33～37

侯立群．1987．核桃接穗室内砂藏室外蜡封嫁接技术．泰安林业科技，(1)：45～47

孔祥戬，王继龙．1997．提高核桃嫁接成活率试验．中国南方果树，26（1)：46～47

吕保聚，程新林，贾志明等．2000．黑核桃嫁接苗的快速繁育．中国林业，(4)：43

马溪客．2000．核桃嫁接育苗新技术——枝芽接．林业科技通讯，(9)：35～36

宋颖，马万占．2002．核桃接穗的冬采与储藏．河北果树，(2)：47

王安民．1999．核桃苗大田嫁接培育技术．林业科技通讯，(3)：26～27

王贵，常月梅，张喜斌．1998．核桃嫁接繁殖技术．山西林业科技，(2)：39～46

王军．1999．核桃苗嫁接及管理技术．西南园艺，1（27)：25～26

翟梅枝，高绍棠，王晓斌等．2000．核桃露地嫁接试验研究．西北林学院学报，15（3)：41～45

张长胜，丁彩真，张美勇．1999．影响核桃树嫁接成活率的因素．山西果树，(4)：47～48

张美勇，徐颖，王永志等．2000．核桃改进绿枝嫁接技术试验．山东农业科学，(2)：23～24

张美勇，徐颖．2000．我国核桃无性繁殖技术研究进展．山东农业科学，(3)：48～50

张喜斌，张彩虹，刘劲等．2001．核桃秋季芽接技术．山西林业科技，(4)：22～23

赵宝军．1997．核桃冬季室内嫁接技术．林业科技通讯，(1)：36

赵俊喜，钱海荣，汤素青．2002．提高核桃高接成活率技术．河北果树，(2)：47～48

2 核桃品种试管生根的研究

核桃无性繁殖困难一直是困扰核桃生产发展的最突出的问题，一方面是新品种的不断涌现，而另一方面则是应用于规模化栽培的新品种苗木却寥寥无几，因而严重制约着核桃优种化和产业化进程，是亟待解决的重要课题。核桃无性繁殖困难表现在其常规扦插难于生根、嫁接成活率不稳定、繁殖系数低等；另外，早实优良品种形成长枝的能力很差，尤其对于 7 或 8 年生以上的树体表现更为突出，接穗量远远不能满足嫁接需要。因此，探索新方法解决核桃生根问题和提高繁殖系数成为研究的关键。试管培养作为新兴植物再生技术具有繁殖系数高、条件可控制、繁殖率稳定等特点，已广泛地应用到植物的繁殖实践中。然而，核桃的试管繁殖研究尽管起步于 20 世纪 80 年代初，但试管嫩茎生根问题一直没有得到很好的解决。进入 90 年代在生根研究方面虽然获得了一定的进展，但采用的外植体多为合子胚，实生苗、杂种核桃等幼态的组织，对于核桃成龄品种的试管繁殖很少见有报道。本研究以长期继代培养的核桃品种为试材，通过外源激素处理的两步诱导生根和嫩茎外植体的选择等，成功地诱导了试管嫩茎生根，获得了较为满意的结果。

2.1 材料和方法

2.1.1 材料

继代培养 4 年的核桃品种试管苗，继代间隔约为 20d，品种为辽宁 1 号、新早丰、中林 5 号、元丰、维那、强特勒。

2.1.2 方法

2.1.2.1 培养基及培养条件

基本培养基为 DKW，继代扩繁培养基为 DKW 附加 1.0mg/L BA 和 0.001mg/L IBA。第一步诱导生根培养基为 1/4 DKW 附加不同浓度 IBA；第二步生根培养基为不含生长调节剂的 DKW。转移培养的介质为蛭石附加一定量的 DKW。培养温度为 (25±3)℃，光照强度为 1800lx，每天 16h 光照和 8h 黑暗。继代和生根诱导均在 250ml 圆柱状培养瓶中进行。

2.1.2.2 生长素（IAA）和脱落酸（ABA）测定

采用高效液相色谱进行分析，取样量为 30 株组培苗，充分混匀后用于分析。准确称取样品 1～3g，在研钵中剪细并加入 80％冰甲醇 10ml，研细后转至 150ml

三角瓶中，再加 20ml 80%冰甲醇后加塞，在超声波内振荡 2h（不断加入冰块，保证温度低于 4℃），过滤，滤渣中再加入 20ml 80%冰甲醇，摇匀后放置于冰箱中过夜，再过滤合并滤液。取 10ml 滤液通过 Seppar C18 小柱，弃去滤出液，用 2ml 乙腈冲洗 Seppar C18 小柱，收集洗出液，经 0.45μm 滤膜过滤后，清洗液待上液相色谱（HPLC）分析。IAA 提取回收率大于 90%。

2.1.2.3 数据统计分析

数据由 SAS 系统中 ANOVA 程序进行统计分析，按 DUNCAN 新复极差分析进行多重比较，不同小写字母表示差异显著性（$P<0.05$），如未特殊标记，每处理 30～36 株嫩茎，重复 3 次。

2.2 结果与分析

2.2.1 嫩茎外植体不定根的诱导

嫩茎（shoot）为试管内由芽或不定芽抽生的茎，有些研究者称之为幼茎或无根试管苗。为了便于分析单因素的作用，本项实验所用的品种为新早丰，外植体多为幼态的嫩茎（Ⅰ类）。

两步诱导生根法：

诱导嫩茎外植体生根一般的做法是：将试管嫩茎一直培养在添加生长素类（IBA、NAA）的培养基中，本实验称之为一步诱导生根法。但如将核桃试管嫩茎外植体始终培养在含有较高浓度生长素的培养基中，其基部肿大并愈伤化，很少有根形成，而且长时间处理会出现茎尖坏死、叶片干枯、脱落以致全株死亡的现象，几乎不能生根；但如降低附加生长素的浓度，诱导不定根的作用就很小。因此，我们研究了采用将嫩茎先放在含有生长素的培养基培养一定时间，而后转至无外源激素的培养基中的两步诱导生根法，极显著地提高了生根率和降低了嫩茎基部愈伤化发生。生根小植株的生长状态普遍良好。说明培养基中长时间高浓度 IBA 的存在，会抑制根尖分生组织正常生长发育，不利于根的伸长生长。

以下研究对诱导嫩茎生根所附加的生长调节剂的种类、浓度、处理天数及暗培养的效果进行了筛选，诱导方法均采用两步诱导生根法。

2.2.2 IBA 的浓度和处理天数

对生长素的种类和浓度的研究结果表明，在暗培养条件下 IBA 和 NAA 均可诱导核桃试管嫩茎生根，但以 IBA 效果更好。不同浓度 IBA 处理的生根结果见表 2.1。

由表 2.1 可以看出，核桃试管嫩茎对生长素浓度的反应是不敏感的。5～10mg/L IBA 诱导处理没有表现出明显差异，均获得了较高的生根率。浓度低或高均对生根不利。浓度过低生根率低，而浓度过高不但生根率下降而且茎基愈伤

化明显，嫩茎尖变黑，叶片脱落。

表 2.1 IBA 对核桃试管嫩茎生根的影响（新早丰）

浓度/（mg/L）	生根率/%	平均根数/条	平均根长/cm	生根指数
0.0	0e	0	0	0
1.0	0e	0	0	0
3.0	37.5d	1.9a	1.3a	0.93
4.0	55.8c	2.4a	1.9a	2.59
5.0	82.7a	2.2a	1.8a	3.27
6.0	82.9a	2.8a	1.8a	4.13
8.0	83.3a	3.3a	1.6a	4.29
10.0	79.6a	2.9a	1.4a	3.12
12.0	43.5d	4.4a	1.1a	2.12
15.0	21.8c	3.0a	1.0a	0.64

注：表中小写字母表示在 0.05 水平下差异显著

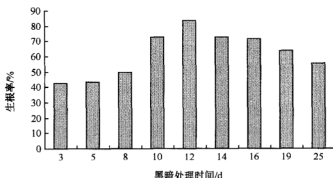


图 2.1 IBA 处理时间对核桃嫩茎生根的影响

在 1/4 DKW 基本培养基中附加 5mg/L IBA 黑暗处理嫩茎的天数也直接影响生根率，图 2.1 为不同暗处理天数诱导嫩茎生根的结果，由结果可以明显的发现，IBA 处理的最佳时间为 10～15d，生根率为 73%～83%。时间太短和过长都对生根不利。时间短生根率低，而时间超过 12d 不仅生根率略有下降，更重要的是会出现茎基愈伤化、茎尖变黑和叶片脱落现象，对以后的移栽会造成不利的影响。

2.2.3 黑暗与光照条件对嫩茎生根的影响

由图 2.2 可知，黑暗条件是诱导生根的必需条件。在对两个品种新早丰和辽宁 1 号的研究中发现，65 株试管嫩茎进行生根诱导，在光下诱导的，没有根发生，生根率为零，而在黑暗处诱导的，两个品种分别有 49 株和 53 株生根，生根率分别为 75.4%和 81.5%。

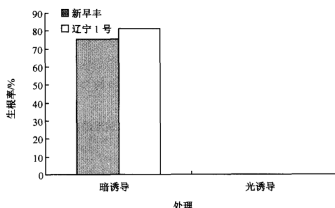


图 2.2 黑暗与光照条件对核桃茎生根的影响

2.2.4 嫩茎外植体的发育状态与不定根的诱导

在核桃芽的继代培养过程中，从外观上看，其发育状态很不一致，大致可分为 4 类：Ⅰ类（幼态嫩茎）：幼嫩，节间较长，叶片较小并呈嫩绿色，茎叶夹角小；Ⅱ类（幼嫩嫩茎）：与Ⅰ类相比苗的状态更为幼嫩、节间更短、叶片和茎叶夹角较小；Ⅲ类（半木质化嫩茎）：与Ⅰ类相比苗的状态老化，茎部半木质化、节间较长；Ⅳ类（老态嫩茎）与Ⅲ类相比苗的状态更老化，叶片呈淡黄色、节间较短、茎叶夹角较大。这 4 种发育状态的嫩茎在不定根诱导过程中，生根率差别很大，实验结果列入表 2.2。

表 2.2 不同发育状态嫩茎的生根状况

嫩茎类别	调查株数/株	生根株数/株	生根率/%	生根条数/条
Ⅰ（幼态）	36	30	83.33	3.3
Ⅱ（幼嫩）	32	23	71.88	2.2
Ⅲ（半木质化）	41	3	7.41	1.5
Ⅳ（老态）	35	35	0	0

从表 2.2 可以看出，Ⅰ类生长旺盛的幼态嫩茎生根率最高，达 83.33%；茎叶生长幼嫩的Ⅱ类次之，生根率 71.88%；茎部半木质化的Ⅲ类生根率明显降低，为 7.41%；老态黄化的Ⅳ类，很难诱导生根，生根率为零。从结果不难看出：要想获得较高的生根率，必须调整好嫩茎的生长状态。在保证生长充实的基础上，提高组织细胞敏感性是诱导不定根发生的前提条件。

2.2.5 品种间试管生根的差异

利用最优条件对早实核桃品种进行生根诱导，实验数据见表 2.3。结果表明，不同品种生根率存在差异，其中以元丰、新早丰和辽宁 1 号生根率最高，而上宋、维纳、强特勒为中等水平的生根率。品种间生根条数差异不显著，说明应用上述方法诱导核桃品种生根可以获得较好的生根效果。

表 2.3 核桃品种试管嫩茎生根状况的比较

品种	调查数/株	生根株数/株	生根率/%	平均根数/根
元丰	72	63	87.5	3.2
新早丰	58	52	89.7	3.3
辽宁 1 号	70	58	82.9	2.6
上宋	66	45	68.2	2.0
维纳	56	34	60.7	2.8
强特勒	72	46	60.5	3.6

注：利用两步诱导生根法，IBA 5mg/L；暗处理 12d

2.2.6 光或暗培养下嫩茎诱导过程中内源 IAA 和 ABA 含量的变化

外植体为新早丰核桃试管内幼态嫩茎，在 MS 培养基中附加 IBA 5.0mg/L，在光和暗两种培养条件下培养，培养初期每隔 1d 或 2d 取材一次，5d 以后每隔 3d 或 4 天取材一次，直到培养的第十二天。测定结果见图 2.3～图 2.5 所示。

从图 2.3 可以看出，在光照培养下，嫩茎内源 IAA 会迅速升高，其高峰为第五天到第八天，变化曲线呈圆头型；在暗培养下，第二天和第三天 IAA 含量很低，检测不到，而第四天开始水平升高，第五天达到高峰，第八天下降，第十二天又有所回升，变化曲线峰呈尖顶型，且呈双峰；在光照培养条件下，嫩茎内源 IAA 含量始终高于在暗培养条件下。

内源 ABA 测定结果见图 2.4。由图 2.4 可以看出：不论是光培养或暗培养，在嫩茎中最初 4 天均检测不到 ABA；从第五天开始嫩茎 ABA 含量逐渐上升，而且暗培养比光培养上升得快。

为了解 IAA 和 ABA 的平衡对嫩茎生根的影响，我们计算 IAA/ABA 值的变

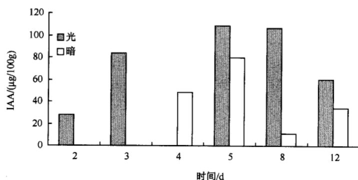


图 2.3　在光照与黑暗培养条件下 IAA 含量的变化

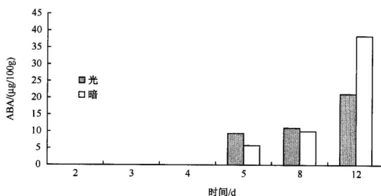


图 2.4　在光和黑暗培养条件下 ABA 含量的变化

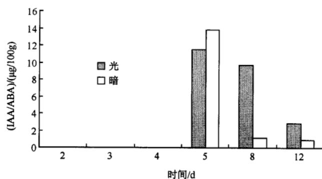


图 2.5　在光和暗条件下嫩茎 IAA/ABA 值的变化

化，结果见图 2.5 所示。图 2.5 表明，在光照培养时，第二天和第三天，由于 ABA 为零或较小，IAA/ABA 值较高，第五天降为 11.6，随后不断下降到第十二天时为 2.9；在黑暗条件下由于 IAA 极低或为零，因此诱导第二天和第三天 IAA/ABA 值为零，第四天升高，第五天降为 13.8，第六天急剧下降为 1.1，到第十二天为 0.9，IAA/ABA 值急剧下降的原因是由于嫩茎内 ABA 含量提高得比较快。

2.3 讨　论

2.3.1 试管嫩茎根器官发生与内外源生长素的关系

核桃是较难发生不定根的树种，虽然在生根方面已开展了大量研究，但对其难生根的机制还缺乏深入的认识。我们在核桃品种的继代培养和生根诱导中发现，核桃是对生长素类物质较为敏感而对细胞分裂素类物质不敏感的树种。试管继代培养仅需附加极其微量的 IBA（0.001mg/L），但去除 IBA 却不能获得继代效果。如果附加的浓度稍高，不但试管苗增殖受到影响，培养的材料也会产生明显的愈伤化。在试管诱导核桃生根实践中，我们发现采用较高浓度生长素进行长时间的诱导，试管嫩茎的茎基部极易肿大并愈伤化，通常导致诱导失败。植物不定根的形成是一系列分化发育事件顺序性累积的结果，首先表现在某一特定组织的细胞脱分化，进行有序的分裂，分化出根原基，并进一步发育和生长。这一过程可人为地划分为 4 个阶段：诱导期、根原基发端、根的发育和伸长期，每个阶段各有其生理生化特征及其相应的调控因素。Christine（1991）对烟草器官发生过程详尽的研究中发现，器官的发生需要外源生长调节剂的诱导，而器官原基的生长发育并不依赖于外源生长调节剂。鉴于前人的研究结果和核桃对外源生长素类物质较敏感的特点，我们采用了两步法诱导，首先利用高浓度的生长素启动根源基的发生，而后转移至无生长素的培养基使根源基生长发育。实践证明这一诱导方法是可行的，在本研究中成功地实现了核桃试管嫩茎生根，并获得了较高的生根率。这一方法也为其他难于诱导生根的树种（如板栗）提供了借鉴。

外源生长调节剂可以改变内源激素的水平，通过调节内源激素平衡进而对细胞分化和发育发挥作用。研究发现，生长素具有调节细胞分裂周期实现细胞的有序分裂，与根原基的发端密切相关。通常情况下，用于不定根诱导的激素为 IBA，IBA 诱导不定根的主要方式是通过转化为 IAA 而起作用的。我们的研究再次证实了上述观点，结果表明无论在光照还是黑暗条件下，外源 IBA 均诱导核桃嫩茎的内源 IAA 和 ABA 升高，改变了嫩茎原有的激素平衡。

生根试验表明，光照条件下生根率很低，而在黑暗条件下具有较高的生根率。比较两者内源 IAA、ABA 和 IAA/ABA 值的变化，我们发现黑暗培养具有较高生根率可能与下列事件有关。第一，在黑暗条件下，内源 IAA 在第八天出

现峰值下降后在第十二天水平又开始升高，对于 IAA 的再次升高我们认为可能与根源基的发育有关。第二，在光处理下，内源 IAA 变化曲线呈圆头峰，而暗处理为尖头峰，表明光下嫩茎对外源 IBA 的反应快。第三，从第五天到第十二天，在光培养嫩茎内的 ABA 含量提高了 2.4 倍，而在黑暗下培养却提高了 6.6 倍。ABA 与许多代谢有关，ABA 变化间接说明了代谢方式的转变。然而上述证据并不能完全解释为什么光照条件会对不定根产生抑制作用。光照抑制不定根的发生是一个非常复杂而又有趣的现象。在对其他树种（如板栗、杏属、橄榄和枣等）的研究中也发现暗处理可以明显地提高试管生根率。因此，这一问题尚需从各个方面进行深入系统的研究。

2.3.2 试管嫩茎的发育状态与其生根的关系

大量研究结果表明，树木发生不定根的难易首先取决于其基因型，受本身遗传因素决定，表现在不同树种和同一树种不同的个体之间出现不同的发生不定根能力。除了本身遗传因素外，不定根的发生与树木的发育状态密切相关，幼龄态比成龄态较易诱导发生不定根。现已证实采取人工措施可以使成龄树体复幼，恢复其不定根发生能力。这些复壮措施包括对成龄树木进行重剪以促发萌蘖或诱发树干基部产生不定芽、将成龄组织或器官嫁接至幼龄砧木上以及试管内连续多次继代培养等，其中试管内连续多次继代培养的措施对树木复幼是十分有效的。受本身遗传因素决定，核桃较难诱导发生不定根，加上早实核桃良种其组织具有较高的发育年龄，因此其生根更加困难。试验采用的材料经过了长期继代培养（4年），这可能是获得较高的试管诱导生根率的重要原因。目前对长期的继代培养是如何使成龄材料复幼进而提高生根率的机制还不清楚，有待于进行深入研究。

参 考 文 献

陈正华. 1986. 木本植物组织培养极其应用. 北京：高等教育出版社. 456～465

谷瑞升，蒋湘宁，郭仲琛. 1999. 植物离体培养中器官发生机制的研究进展. 植物学通报，16（3）：1～4

刘淑兰，韩碧文. 核桃（*Juglans regia* L.）的离体繁殖. 北京农业大学学报，12（2）：113～117

裴东，奚声珂. 核桃早实品种微枝接穗试管扩繁技术的研究. 林业科学研究，11（4）：350～354

郗荣庭，张毅萍. 1996. 中国果树志・核桃卷. 北京：中国林业出版社. 20～27

Ana Rguez Tarrazo, J Ignacio de bsebastian, M Angeles Revilla. 1993. Influence of the phenological state of field grown walnut buds on their *in vitro* establishment. Ata Hoticulture, 311: 153～156

Berros B, Astorga R, Rey M et al. 1993. Rooting studies on "*in vitro*" walnut tissues: aging effect. Ata horticulture, 311: 105～116

Christine H, Vendrig J C, Onckelen H V. 1991. The accumulation and metabolism on plant growth regulators during organogenesis in cultures of thin cell layers of *Nicotiana tabaccum*. Physiol Plant, 83: 578～584

Driver J A, Kuniyukoi A H. 1984. *In vitro* propagation of paradox walnut rootstock. HortScience, 19 (4): 507～509

Duroux L, Fontaine E, Breton C et al. 1997. Histological and biochemical characterization of adventitious root formation in walnut cotyledon fragments. In: Altman, Waisel. Biology of root formation and development. New York: Plenum Press. 9: 75～84

Gale M, Charles A L. 1988. *In vitro* propagation of mature persian walnut cultivars. Hortscience, 23 (1): 220

Jay-Allemand C, Peng S, Capelli P et al. 1993. Micropropagation of hybrid walnut tree. Ata Horticulture, 311: 117～123

MoCown B H. 1988. Adventitious rooting of tissus information. In: Davis T D, Haissig B E, Sankhla N. Adventitious root formation in cuttings. Portland or USA: Dioscorides Press. 189～302

Welander M. 1983. *In vitro* rooting of the apple rootstock M26 in adult and revenile growth phases and acclimatization of the plantlets. Physiologia Plantarum, 58: 231～238

3 核桃属植物无性繁殖研究进展

核桃（*Juglans regia* L.）和铁核桃（*J. sijilata* Dode.）的栽培历史悠久，拥有四大坚果之首的美誉。它更是一个广域性经济树种，由于其良好的经济、生态和社会效益，在世界五大洲 60 多个国家栽培。在全球环境日趋恶化的今天，以核桃为主体的复合农林系统方兴未艾。可以预计，在发展生态经济型农业、实现经济社会的可持续发展方面，它将扮演越来越重要的角色。

我国是世界核桃第一大生产大国，栽培面积约 1200 万亩，株数约 1.2 亿株，其中结果树约 4500 余万株。自 20 世纪 60 年代开始，我国十分重视核桃的良种选育工作，开展了核桃选优协作和良种培育攻关，经过“六五”、“七五”连续攻关，至 1994 年，由《中国果树志·核桃卷》收集登记的核桃和铁（泡）核桃的无性系优良品种和优良株系共 216 个，优良单株 486 株，实生农家品种 164 个，还培育出核桃与铁核桃种间杂交种 5 个，为我国核桃良种化打下较好的基础。在初步解决了核桃良种问题之后，核桃无性繁殖困难又突出地呈现在核桃良种化进程中，成为制约核桃产业发展的最主要因素，表现在一方面核桃良种不断涌现，另一方面用于规模化生产的品种苗木却寥寥无几。

核桃无性繁殖困难表现在常规嫁接成活率不稳定、繁殖系数低、扦插不易生根等（郗荣庭等 1992，1996；陈正华 1986；刘淑兰等 1986；Hartmann 1990），因此，解决核桃良种快繁问题显得尤为迫切。近 20 年来，国内外研究者在这一领域进行了大量的试验和探索，从嫁接繁殖和不定根诱导的理论与实践等方面做了大量的研究工作，并取得很大研究进展，现就以下几个主要方面的进展做一简单综述，供研究参考。

3.1 核桃的嫁接繁殖研究

3.1.1 核桃嫁接技术实践

核桃的枝接技术最早从法国开始（约 16 世纪中叶），欧洲著名的弗兰克蒂（Franquette）品种就作为无性繁殖的典范，在法国以及欧洲许多国家推广。美国从 1770 年将核桃引入加利福尼亚州，到 1905 年开始发展核桃枝接无性繁殖，1915 年后美国加利福尼亚州的核桃园已不再定植实生树了，至 2005 年加利福尼亚州核桃栽培面积已经达到 121.4 万亩，产量约为 32.6 万 t，占美国核桃总产量的 99%，占世界核桃坚果交易量的 2/3。由此可见核桃良种集约化栽培，具有很大的发展潜力和经济效益。到目前，欧洲、中亚和美国等核桃主产地，主要的无

性繁殖方法有枝接、芽接和试管繁殖。枝接方法主要有双舌接、劈接和腹接等，大树则主要采用插皮接方法；芽接方法主要有嵌芽接、“工”字形芽接、“T”字形芽接和方块芽接。

我国核桃栽培历史已经有 2000 多年，但一直沿用传统的实生繁殖。嫁接方法最早从云南省开始，以枝接法为主。2005 年大理州的铁核桃面积已经达到 147.6 万亩，产量 3.29 万 t，其中约 50%是采用嫁接技术繁育的无性系核桃园。北方核桃产区，从 20 世纪 70 年代就开展了核桃室内嫁接和子苗嫁接方法的研究（梁玉堂 1979，1984），虽然获得了大于 80%的成活率，但因嫁接成活的稳定性差和成本高等问题，一直未能大面积推广（张志华 2005）。1990 年后，随着国家改革开放、西部开发和退耕还林政策的深入，极大地促进了核桃产业的发展，核桃嫁接技术也取得了突破性进展，表现在：首先，核桃高接技术获得平均 90%以上的成活率（杨文衡等 1983），并开始在大树改造方面应用；其次，核桃室内嫁接（高绍棠 1984；刘万生等 1986）和蓄热保湿嫁接技术（方文亮等 1994）获得了 95%、90%～98.3%以上的愈合率和 80%以上的移栽成活率，使北方核桃产区和云南泡核桃无性繁殖技术得以大面积推广；第三，核桃苗圃地枝接技术平均达到 78%以上的成活率（杨文衡 1985；丁平海等 1989；王贵等 1989；方文亮 1994），为实现核桃主产区的品种化，找到了一种比室内嫁接提高 3～5 倍工效的方法，即便如此，由于核桃枝接多采用舌接方法，其木质坚硬，还是突现出劳动强度大、费工费时等弊端；第四，从 1995 年起，更好的无性繁殖技术开始探索，如核桃生长季节的方块芽接和顶端嫩枝接（李守玉 1990；张美勇等 2000）等，这种低成本（投入：产出＝0.2：1）、高成活率（平均 93.8%）和高比率一级苗（平均 80.6%）的方法，很快在黄河以北的核桃主产区推广（王贵等 2001），目前这种方法正在全国范围内应用，其他芽接方法，例如改良嵌芽接（杨卫昌 1997）、凹芽接、“T”字形芽和舌状芽接等方法（张美勇 1996）也是适宜的芽接方法；第五，国内一些大型苗圃，采用核桃多季节高效快繁方法，即利用几种嫁接方法，从年周期内一两次短期育苗走向多次育苗，大大加快了核桃苗木发展进程（孙红川等 2001）。另外核桃微体嫁接技术（以核桃子苗为砧木，以试管无根苗或芽为接穗，采取劈接或“T”字形芽接的方法来获得无性系苗木的方法）也开展了大量尝试研究并获得成功（奚声柯等 1992）。

3.1.2 核桃嫁接愈合的研究进展

核桃砧木和接穗的愈合是嫁接成功与否最关键的环节，其过程是一个复杂的生物学过程，与许多因素有关，其中包括砧木和接穗的遗传因子、嫁接期间的自然条件和人为因素等。由于核桃本身嫁接愈合较难，因而对技术和环境条件也提出了较高的要求。近年来，国内外研究者从愈合的解剖学、生理生化、环境条件

和嫁接方法等多方面进行了多层次研究，下面对影响砧穗愈合的主要因子以及嫁接中几个主要技术环节及其原理进行归纳。

3.1.2.1　核桃砧穗的愈合过程

核桃砧穗愈合可明显地分为 5 个阶段（丁平海　1986）：①嫁接后 1～5d，接穗和砧木切口褐化，枝条内含物外溢，形成“隔离层”；②嫁接后 5～7d，愈伤组织形成，即枝条内源激素以及营养物质发生趋伤口运动，并在切口处积累，进而激活切口细胞，进行分裂，产生愈伤组织；③嫁接后约 15d，砧穗愈伤组织开始连接，形成愈伤组织桥；④嫁接后 15～20d，砧穗间形成“形成层环”；⑤嫁接后 20d，砧穗间输导组织开始连接，并逐渐与原有导管和筛管相连接。Hartmann（1990）将砧穗愈合分为 6 个阶段，各阶段的愈合方式与上面相似，他认为接后 8 周才可以看到维管束通道的出现。James 在进行了大量核桃嫁接实践后，认为嫁接体成活的关键是：砧穗之间在最短时间成功地完成形成层桥的连接。

3.1.2.2　影响砧穗愈合的内部因素

1）砧木和接穗的亲和性

砧木和接穗的亲和性是决定嫁接成活的内在因素之一，但这个问题十分复杂。研究表明，不同品种核桃的嫁接成活率差异显著。Stanisavljevic 等（1995）将不同品种核桃枝接在两年生核桃砧木上，结果 Ceinovo 品种获得了 92.9%的成活率，而 Champion 品种的嫁接成活率只有 57.7%；实生砧木亲和力表现为：上宋 6＞元丰 7＞薄壳香。丁平海等（1991）认为这可能与愈合过程中，品种间形成愈伤组织的能力不同有关，同时易嫁接成活的品种酚类物质含量高，但不是所有的酚类物质都对嫁接起促进作用，核桃醌可能是抑制嫁接成活的主要酚类物质。核桃属的种间较种内嫁接成活率低，例如：铁核桃与核桃嫁接明显低于铁核桃与泡核桃嫁接的成活率；同种内不同种源之间较同一种源内嫁接的成活率低，所以亲缘关系越近亲和性越高；而亲缘关系相同时，砧木和接穗的发育状态又决定着核桃嫁接成活率的高低，即幼态砧穗较老态砧穗可以获得更高的嫁接成活率；在核桃微枝嫁接中，砧木子苗真叶展开前细胞分裂素、生长素、含水量、葡萄糖和果糖均处于较高水平，嫁接易于成活，而真叶展开后上述指标急剧下降，随之嫁接成活率也下降（裴东　1998）。

2）砧木和接穗的生长发育状态

砧木和接穗的质量是嫁接后形成愈伤组织的营养基础。由于从接穗采集脱离母体开始，要经过储存、运输直到砧穗输导组织形成，需要相对较长的时间，所以接穗的营养状态尤其重要。从外部形态看，接穗粗壮、髓心小、芽体饱满、无病虫危害的发育枝，嫁接成活率高；对于芽接接穗要求芽体成熟饱满，嫁接时离皮。试验表明，接穗直径小于 1.0cm 时接穗产生愈伤组织的质量小于 5mg，嫁接成活率小于 30.7%（高新一　2002）；髓心直径与接穗直径的比值大于 1/2 时，嫁接不能成活（王汉涛　1988）；发育正常的接穗含水率约 51%左右，当失

水超过11.75%时，不能形成愈伤组织（丁平海　1989）；孔祥戥（1997）认为在同一接穗上，中段接穗芽体最饱满、营养最充分，嫁接成活率也最高。砧木粗壮程度在嫁接环节中也很重要，一般标准是地面以上10cm处，直径大于1.5cm的1或2年生实生苗，根系发育健壮，须根量大，没有病虫害，特别是无地下虫害等，易于嫁接成活。郗荣庭等（1991）研究表明接穗中淀粉、可溶性糖、C/N值与嫁接成活呈正相关，在砧穗愈伤形成后，该部位的葡萄糖和蔗糖以及转化酶的活性比砧穗节间高。由此可见，细胞内的营养物质是嫁接成活的物质基础，愈伤组织形成能力是嫁接的关键。

3.1.2.3　影响砧穗愈合的外部因素

1）温湿度

环境条件中嫁接的温湿度最关键。许多实验证实：室内嫁接后温度保持25～28℃，相对湿度70%～80%，选择通透松软的基质（如松树锯末），7～10d接口可以愈合，成活率高（韩德章　1998；王根宪　1989）。Atkinson等（2003）认为室外嫁接的最适气温为26.1℃。张美勇（2000）认为旬平均气温在25.5～27.8℃时，细胞分裂旺盛，非常适宜接口愈合，绿枝嫁接成活率高。当气温高于33.9℃时不利于愈合。接穗处于休眠或半休眠状态，砧木开始离皮到展叶前嫁接最容易愈合。其次，适量的空气也十分重要。因为嫁接愈合过程，细胞需要进行大量的呼吸作用，所以注意既要保持接口处的紧密连接，保持一定的湿度，又要注意绑缚不能过紧，嫁接后，削面要上下“蹬空”。第三，光照也有一定的影响。试验表明，在黑暗条件下，接口长出的愈伤组织多，并且呈白色、幼嫩状，比在光照条件下产生的绿色、老态的愈伤愈合速度快，嫁接成活率高。

2）伤流液

伤流液是影响嫁接成活的又一因素，嫁接所产生的切面，会产生伤流。研究表明，当伤流液大于0.5g/（cm^2·h）时嫁接难于成活。但核桃伤流有一定的规律，例如在一年中，从果实采收后到落叶前伤流很少；在一天中，晴天日出后2h开始出现伤流，并逐渐增多，但一般上午较下午流量少。所以枝接一般采用冬季和晚春时节的早晨进行，值得注意的问题是：这两个季节温度变化大，而伤流产生量与温差呈正相关（Prataviera　1990）；伤流液中含有可溶性糖、矿质元素、可溶性蛋白、氨基酸和酚类物质，所以Prataviera等试验表明，它能明显地抑制核桃和黄瓜的愈伤组织生长。另外伤流液过多，特别当接口绑缚或封蜡后，溢出的液体滞留在接口周围时，造成愈合部位缺氧，愈伤组织不能形成，时间长还会在接口处产生霉烂，嫁接难于愈合。

3.2 核桃试管无性繁殖研究进展

3.2.1 核桃试管微扦插

核桃属植物的试管微扦插研究，始于20世纪80年代初，主要研究茎段器官分化和诱导愈伤组织等。Driver（1984）首次在试管中诱导奇异核桃（*J. regia*×*J. hindsii*）生根，并筛选出适宜核桃组培的DKW培养基。此后，核桃属植物茎器官培养取得迅速进展，1984年，Heile-sudholt以黑核桃（*J. nigra*）实生苗茎尖为外植体，诱导试管生根，获得了12%的生根率；1990年，Gruselle以核桃实生苗为外植体，获得试管生根率58%的生根苗；1992年，Jay-allemand以杂种核桃（*J. regia*×*J. nigra*）成熟胚为外植体，通过试管继代，得到生根率大于80%的试管生根苗，并移栽成活；到1994年以实生苗为外植体的核桃组培，已经获得100%试管生根率的核桃试管苗（Ripetti）；2002年，裴东等以6个早实核桃新品种为试材，采用两步生根法诱导成龄品种核桃试管苗生根，获得大于90%的试管生根率，并成功移栽。

3.2.2 核桃试管苗不定根发生机制

目前对核桃不定根分化过程中生理生化的研究多集中在激素、多胺和酚类化合物等方面。在诱导核桃不定根分化的过程中，常采用调节外源生长调节剂IBA来改变内源激素含量或生理状态的方法。Heloir等研究表明：核桃嫩茎经IBA处理后首先内源IAAsp与IAA含量变化规律相似，短时间内达到一个瞬时高峰，随后降低；值得注意的是IAAsp（12h）先于IAA（36h）达到高峰，可见IAA可能不是生根的第一个信号，推测结果是IAAsp诱导生根，IAA利于根发端；当诱导后的试管苗转移到无激素基质时，IAAsp与IAA含量保持相对稳定的水平，可推测不定根的伸长及加粗生长不需要高水平的IAAsp和IAA（Heloir et al. 1996；Gatineau et al. 1997）来刺激。裴东等（2003）以核桃成熟或近成熟种实子叶为试材，在1/4 DKW基本培养基上培养，近胚端的生根率达100%，而中部和远胚端的生根率为零。在生根过程中近胚端内源吲哚乙酸（IAA）水平表现为初期上升，其后稳定在一定水平，当根原基开始发生时（培养4d）出现一个高峰；而中部、远胚端内源IAA水平在培养初期下降，而后维持在一定的水平；蛋白质凝胶电泳分析表明：62.8kDa、54.2kDa和38.4 kDa是与子叶不定根发生相关的蛋白质条带，在不定根发生过程中，该带在子叶近胚端表达增强，而中部、远胚端则消失。当培养基中附加一定水平的IBA（0.5～10mg/L）时，子叶中、远胚端被诱导产生不定根；附加2mg/L IBA，其内源IAA的变化与子叶近胚端在1/4 DKW基本培养基上发根时有相似的趋势；同时该处理启动了62.8kDa蛋白质条带表达及抑制了54.2kDa和38.4kDa蛋白质条

带表达。反之当培养基中附加 BAP 抑制子叶生根，也抑制了与生根相关的 IAA 变化和蛋白质表达。

当无根苗转入生根培养基时，多胺含量很快提高；无外源生长调节剂的情况下，单独使用腐胺，其诱导生根率为 31%；加入多胺合成抑制剂 DFMA 和 DF-MO 抑制生根，加入 CHA 由于抑制 PUT 转变成精胺从而促进了生根；5-羟色胺与生根有密切的关系，经 IBA 处理后，5-羟色胺在输导组织中流量增加，积聚于根发端区；整个无根苗中 5-羟色胺在 12h 内下降 40%，随后又高出对照组 50%，5-羟色胺的下降可能与 IAAsp 和 IAA 含量上升有关，5-羟色胺用于 IAAsp 与 IAA 的合成；但基部 5-羟色胺的含量始终低于对照，可见生根的信号不在基部，所以不能以试管苗基部 5-羟色胺的变化情况作为判断生根与否的标准（Gatineau et al. 1997）。另外，生物技术的发展为从基因水平研究核桃不定根发生提供试验手段。反义 RNA 策略进一步解释了酚类化合物与不定根发生的关系：核桃内酚类化合物主要是杨梅黄酮和类黄酮（Magel et al. 1994），苯基苯乙烯酮合成酶（CHS）是其合成的关键酶，CHS 活性高，类黄酮含量高，生根能力低（Jouanin et al. 1997）；反义苯基苯乙烯酮合成酶基因的成功转录与表达，使得核桃无根苗 CHS 活性降低，类黄酮含量下低，结果是提高了无根苗对 IBA 的敏感性，获得较高的生根率（Jouanin et al. 1998；Eluch et al. 1998）。

3.2.3 诱导核桃试管苗不定根发生的技术措施

为提高生根率，在使用 IBA 的同时常加入一些生根辅助物质（常用的是多胺类和酚类化合物），并采取一些技术措施。

（1）外施腐胺、精胺、亚精胺可促进核桃不定根的形成，其中以精胺促进生根率最高，达 31%，根数达 3.2 条；使用浓度是 30～75mg/L，过高过低反而降低生根率；而在其较适浓度与 IBA 配合使用时，则表现出促进生根的协同效应，精胺与 IBA 的协同效应最高，生根率达 69%（陈伟 1994），这与 Eddo rugini 在 1993 年的报道相反，因为核桃组培苗本身多胺含量较高，外施 PUT 增加了内源多胺的含量，过量多胺的存在则抑制了不定根形成。

（2）不同的酚类化合物对核桃不定根发生作用不同：胡桃醌不利于生根，而与 5-羟色胺配合使用在没有生长素的情况下可诱导生根，但单独使用没有生根作用。黄酮醇对生根有强烈的抑制作用，而其糖苷基杨梅黄酮利于生根（Jay-Allemand et al. 1993，1995）。单元酚中的对香豆素和香草酸抑制核桃试管苗生根，与 IBA 配合使用生根率分别降低 28%和 24%；二元酚中的槲皮酮和芦丁对不定根的形成有促进作用，与 IBA 结合使用时，则大大促进根的形成，并产生比单一使用 IBA 好得多的相加效应，其中，槲皮酮和 IBA 最佳组合的生根率达 81%，根数达 4.8 条。这表明槲皮酮不仅提高生根率而且还能促进根数的增加，同时提高生根质量（陈伟 1994）。

（3）茎基部0.8～1cm进行抹芽处理可以大大提高生根率，而且生根能力与抹芽数成正比。抹芽提高生根能力的原因可能是提供了生根部位（核桃不定根发生于茎基部至距茎基部0.8～1cm范围内），同时抹芽可以使无根苗造成损伤从而刺激不定根的发生（Jal-Alleamand et al.　1993）。

参考文献

曹玉美，刘俊杰，高绍棠．1993．早实核桃嫩枝短截试验．西北林学院学报，8（2）：67～69

陈伟．1994．生长调节剂、酚类化合物和多胺对胡桃组织培养生根的影响．福建农业大学学报，23（4）：490～494

陈正华．1986．木本植物组织培养及其应用．北京：高等教育出版社．456～465

丁平海，郗荣庭．1989．核桃愈伤组织形成条件及形成部位解剖学观察．河北农业大学学报，12（1）：27～32

丁平海，郗荣庭．1991．酚类物质对核桃嫁接成活的影响．河北农业大学学报，14（4）：6～9

方宏筠，王关林．2000．黑核桃体细胞胚状体发生及其基因转化系统的建立．园艺学报，27（6）：406～411

方文亮，王定，黄谦等．1994．核桃蓄热保湿嫁接方法的研究．云南林业科技，（1）：38～44

高国训．1999．植物组织培养中的褐变问题．植物生理学通讯，35（6）：501～506

高新一．2002．果树嫁接新技术，北京：金盾出版社．69

桂耀林，马诚．1985．植物组织培养．北京：科学出版社

郭金耀，杨晓玲．1994．核桃营养繁殖的新技术．山西农业大学学报，14（1）：64～65

韩素英，齐力旺等．1995．核桃组培中防止组织氧化褐变措施的研究．山西农业大学学报，15（4）：339～341

何正伦，戴兴隆．1998．温度对核桃嫁接成活率的影响．林业科技通讯，（3）：33～37

侯立群．1987．核桃接穗室内砂藏室外蜡封嫁接技术．泰安林业科技，（1）：45～47

侯修胜．2001．黑核桃试管苗快繁技术研究，林业科技通讯，2：17～19

晋明瑞．2001．核桃芽苗砧嫁接技术．经济林研究，19（1）：

孔祥，王继龙．1997．提交核桃嫁接成活率试验．中国南方果树，26（1）：46～47

李江云．1998．核桃嫁接苗的培育．云南林业，19（2）：20～21

刘兰英．2000．核桃的组织培养和快速繁殖．植物生理学通讯，36（5）：434～435

刘兰英．2002．“薄壳香”核桃组培中的褐化及防止措施研究．园艺学报，29（2）：171～172

刘淑兰，韩碧文．1986．核桃（*Juglans regia* L.）的立体繁殖．北京农业大学学报，12（2）：143～147

刘淑兰，韩碧文．1989．核桃离体胚的植株再生．植物生理学报，15（1）：98～100

刘淑兰，韩碧文．1992．核桃叶柄体细胞胚胎发生及其细胞学观察．北京农业大学学报，18（1）：29～32

吕保聚，程新林，贾志明等．2000．黑核桃嫁接苗的快速繁育．中国林业，（4）：43

马溪客．2000．核桃嫁接育苗新技术——枝芽接．林业科技通讯，（9）：35～36

聂维良．2000．核桃楸嫁接育苗技术研究．林业科技通讯，（8）：40～41

裴东，奚声珂，董凤祥．1998．核桃砧穗生理状态对微枝嫁接成活的影响．林业科学研究，11（2）：119～123

裴东，袁丽钗．2003．核桃子叶不定根发生调控的研究．林业科学，39（6）：33～39

宋颖，马万占．2002．核桃接穗的冬采与储藏．河北果树，（2）：47

汤浩茹，王永清，任正隆．2000．核桃体细胞胚发生与转基因研究进展．林业科学，36（3）：102～110

汤浩茹，王永清，任正隆等．2000．德国核桃“No. 120”幼胚胚轴与子叶体细胞胚发生及其植株再生．园

艺学报，27 (1)：59～61
王安民．1999．核桃苗大田嫁接培育技术．林业科技通讯，(3)：26～27
王贵，常月梅，张喜斌．1998．核桃嫁接繁殖技术．山西林业科技，(2)：39～46
王汉涛，罗秀钧．1998．核桃嫁接成活率与枝条质量的相关性．河南林业科技，8 (1)：1～4
王军．1999．核桃苗嫁接及管理技术．西南园艺，1 (27)：25～26
王彦清，吴克贤，张泉．2000．胡桃楸体细胞胚胎发胜的研究．林业科技，25 (2)：8～9
韦公远．2002．核桃黑的发生与防治．河北果树，(2)：48
郗荣庭，张志华．1991．核桃栽培技术问答．天津：天津科学技术出版社．38
奚声柯，杨斌．1992．核桃微枝嫁接技术的研究．林业科学研究，5 (5)：531～535
裘文达．1986．园艺植物组织培养．上海：上海科学出版社
辛国．2001．核桃室内快速嫁接育苗技术．林业科技通讯，(5)：41
颜昌敬．1990．植物组织培养手册．上海：上海科技出版社．329～331
杨文衡，张建光．1983．二十年来核桃科研的进展（连载）．河北农业大学学报，6 (2)：25～29
叶乃玲．2000．核桃子苗嫁接技术要点．山西水土保持科技，(4)：48
袁巧平，董茂山等．1990．核桃体细胞胚诱导的初步研究．林业科技通讯，(7)：13～14
翟梅枝，高绍棠，王晓斌等．2000．核桃露地嫁接试验研究．西北林学院学报，15 (3)：41～45
张长胜，丁彩真，张美勇．1999．影响核桃树嫁接成活率的因素．山西果树，(4)：47～48
张美勇，徐颖．2000．我国核桃无性繁殖技术研究进展．山东农业科学，(3)：48～50
张美勇，徐颖，王永志等．2000．核桃改进绿枝嫁接技术试验．山东农业科学，(2)：23～24
张喜斌，张彩虹，刘劲等．2001．核桃秋季芽接技术．山西林业科技，(4)：22～23
赵宝军．1997．核桃冬季室内嫁接技术．林业科技通讯，(1)：36
赵宝军．1998．核桃绿枝嫁接技术．林业科技通讯，(3)：41
赵俊喜，钱海荣，汤素青．2002．提高核桃高接成活率技术．河北果树，(2)：47～48
赵亚平，张彩云，张永亮等．2001．提高核桃嫁接成活率技术．山西果树，(2)：30～31
朱玉球，廖望仪．2001．山核桃愈伤组织诱导的初步研究．浙江林学院学报，18 (2)：115～118
Atkinson C J, Andrew M. 2003. Enhancing harvest index in temperate fruit tree crops through the use of dwarfing rootstocks international workshop on cocoa breeding for improved production systems. 19-21 October Accra, Ghana. 118～131
Cossio F, Mznotta G. 1985. Futher findings on the *in vitro* culture of embryos isolated from walnut (*Juglans regia* L.). Rivista della Ortoflrofutticoltura Italiana, 69 (1): 39～48
Deng M D, Cdrnu D. 1992. Maturation and germination of walnut somatic embryos. Plant Cell: Tissue and Organ Culture, 28 (2): 192～202
Driver JA, Kuniyukoi AH. 1984. *In vitro* propagation of paradox walnut rootstock. HortScience, (19): 507～509
Eluch C, Jay-Allemand C, Pastuglia M et al. 1998. Expression of antisense chalcone synthase RNA in transgenic hybrid walnut microcutting-effect on flavonoid content and rooting ability. Plant Mol Bio, 38 (3): 467～479
Feito I, Gea M A, Fernandez B et al. 1996. Endogenous plant growth regulatoors and rooting capacity of different walnut tissues. Plant Growth Regulation, 19 (2): 101～108
Gatineau F, Fouche JG, Kevers C, et al. 1997. Quantitative variations of indolyl compounds including IAA, IAA-aspartate and serotonin in Walnut. Biologia Plantarum, 39 (11): 131～137
Gruselle R, Boxus P. 1990. Walnut micropropagation. Acta Horticulturae, 284: 45～52
Hartman HT, Kester DE, Daries FT. 1990. Plant propagation, principles and practices. Fifth edition.

Prentice Hall, New Jersey, USA. 25～28

Heile-sudholt C, Huetteman C A, Preece J E et al. 1986. *In vitro* embryonci axix and seeding shoot tip culture of *Juglans nigra* L. Plant Cell. Tissue and Organ Culture, 6 (2): 189～197

Heloir MC, Kevers C, Hallsman JF, et al. 1996. Changes in the concentrations of auxins and polyamins during rooting of in-vitro-propagated walnut shoots. Tree Physiol, 16 (5): 515～519

Jay-allemand C, Capelli P. 1995. International new advanced in lybrid walnut micropropagation (*Juglans nigra* × *Juglans regia*). Walnut Congress. 13～16

Jay-allemand C, Jouanin L, Deng M D et al. 1991. Transfer of chalcone syntjase antisense gene: new strategy for studing polyphenols involved in walnut rhizogenesis. Plant Sci Today, 59: 305

Jay-allemand C, Peng S, Capelli P, et al. 1993. Micropopagation of hybrid walnut trees. Acta Horticulture, 311: 117～123

Magel EA, Smole J, Stampar F. 1994. Characterization of isozyme variation in walnut (*Juglans regia* L.). Euphytica, 77: 105～112

Neuman M C, Preece J E, Gaffney G R. 1993. Somatic embryogenesis and callus production from cotyledon explants of eastern black walnut. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 32 (1): 9～18

Penuela R, Garavito C, Sanchez-Tames R et al. 1988. Multiple shoot-bud stimulation and rhizogenesis induction of embryogenic and juvenile explant of walnut. Acta Horticulture, 227: 457～459

Ponchia G, Tonon G. 1993. Preliminary result of research on micropropagation of walnut. Rivista di Frutticolturae di Ortofloricoltura, 55 (1): 91～94

Rodriguez R, Lopez C, Diaz-Sala C et al. 1993. Simultaneous shoot-bud development on walnut tissues of different ages macromorphological and histological analyses. Acta Horticulture, 311: 141～152

Stanisavljevic H, Mitrovic M. 1995. Effect of variety on successful grafting and development of nursery tree of walnult (*Juglans regia* L.). ISHS Acta Hoticulturae 42 Ⅲ International Walnut Congress. 29～30

Tang H, Ren Z, Reustle G et al. 2001. Optimizing secondary somatic enbryo production in English walnut (*Juglans regia* L.). Acta Horticulturae, 544: 187～194

Tulcek W, Mcgranahan G. 1985. Somatic embryogenesis and plant regeneration from cotyledons of walnut, *Juglans regia* L. Plant Science, 40 (1): 57～63

4 河北省核桃栽培现状和发展对策

核桃是世界著名的四大坚果之一，脂肪含量一般在60%以上，其中不饱和脂肪酸达90%左右，还含有多种氨基酸和磷、铁、锰、锌等人体必需的矿质元素以及维生素B、维生素C等营养物质，具有很高的营养医疗保健价值，因而受到国内外消费者的青睐，国际贸易量一直稳中有升。中国是世界核桃原产地之一，又是核桃生产大国。河北省是我国核桃主要产区之一，栽培历史悠久，栽培面积大。但由于长期粗放经营，普遍产量低、品质差，缺乏市场竞争力。为更好地指导核桃生产，现就河北省核桃栽培现状和发展对策进行探讨。

4.1 栽培现状

据1995年统计，全省核桃栽培面积14 949hm^2，结果面积7050hm^2，零星大树412万株，分布在9个市30个县，总产量19万t，位居全国第四。平均每年出口400万t左右，换汇5500万美元，分别占全省果品出口量和创汇数的7%和10%，在果品生产中占有重要的位置，是河北省重要经济树种之一。河北省的核桃主要分布在太行山区和燕山山区，其中以太行山最多，栽培面积11 168hm^2，总产量15.25万t，分别占全省的75%和80%。按照总产量，核桃栽培规模较大的县分别为涉县3295t、平山县2055t、武安市1779t、涞水县1750t和遵化市1208t。

目前，河北省的核桃生产绝大多数依然沿袭放任生长的粗放经营模式，产量低而不稳。生长在离水源较近的沟谷下半部、平原或村落"四旁"土壤条件较好地方的树，树势较壮，比较丰产，但也有大小年结果的现象；而生长在土壤瘠薄、干旱缺水的坡地、沟谷顶部的树，则很少能够正常结果，产量非常低，有些树甚至干枯死亡。根据现有核桃树的生长结果情况和立地条件，大致可以分为以下3种类型。

1）丰产型

这类树在绝大多数年份能正常结果，产量较高而且稳定，一般生长在土壤和肥水条件较好的地方。例如，卢龙县南半部的核桃树一般生长在土层较厚的平原、坡地或村落四旁，地下水较为丰富，绝大多数的树能够连年丰产。其他各产区也都有不同比例的这类树，约占核桃树总量的30%～40%。

2）潜在丰产型

这类树大多生长在立地条件较差的地方，管理粗放，树势较弱。雨量充沛的年份能获得较高的产量，坚果质量也较好；干旱年份产量明显下降，果仁也不饱

满。如果辅以修剪、刨树盘、施肥、灌溉和病虫害防治等人为栽培管理措施，则能够正常结果，坚果质量也较好；一旦放松管理，产量就明显下降。这类树比较普遍，全省各地都有分布，大约占核桃大树总量的40%～50%。这类树的低产原因主要是立地条件差、管理粗放，但也有种性的因素。

3）低产型

这类树不论在什么样的立地条件下，实施任何栽培管理措施，效果都不明显，产量很低，甚至常年不结果。此类树虽然数量不多，但分布较广，特别是太行山区，大约占核桃树总量的15%～20%。这类树的低产主要是由遗传因素造成的，应该作为改接换优和淘汰的对象。

河北的核桃由于有史以来一直是实生繁殖，因此，个体间差异很大，表现在坚果的品质上更为明显。按照产区农民传统的分类方法，有绵核桃和夹核桃之分。即使在绵核桃中，也存在着取仁难易以及色、香和脂肪含量的区别。仅在本省范围内核桃价格差就在一倍以上。较好的如卢龙的核桃，近几年售价一直为12～15元/kg，素有“石门核桃”之称，在品质上也优于其他地方的产品；而太行山区的核桃价格近几年却一直徘徊在5～8元/kg，个别地区只有4～5元/kg。售价过低的原因，除个别地区交通和信息闭塞外，主要还是坚果整体质量差，品质良莠不齐，规格不一。在太行山区，夹核桃也比较普遍。这种坚果取仁困难，食用和加工价值低，除了用作种子外，几乎没有其他经济价值。有些产区在核桃销售过程中掺杂了这类坚果，也影响了商品信誉和价格。

4.2 良种的选育和引进

20世纪60年代初，我国就开始了大规模的核桃优良品种选育工作。经过20多年的努力，1989年林业部首批鉴定通过并向全国推荐了16个早实优良品种，这些品种品质优良，抗逆性强，早实丰产，其中，香玲、辽核1号、辽核4号、西林2号、陕核1号、中林5号等10个品种的坚果品质和早期丰产性能达到了国际先进水平。

河北省的核桃选优工作是从1979年开始的。通过大规模的群众选优报优工作，共报优株4490个，初选226个，经过复选，共有20个优系于1987年通过省级鉴评并进入决选。虽然现在决选工作还没有结束，但初步筛选出天桥1号、高各庄4号、曲里3号3个优系。这些品系在坚果品质、丰产性能方面达到或超过了国家标准，是很有希望和发展前景的晚实优良品种，目前在涉县、灵寿和卢龙等地均有少量资源。

河北省核桃优良品种的引进和繁育工作始于1994年。经过3年多的努力，已经引进包括国家鉴定推广的16个优良品种在内的优种优系37个，繁殖优种苗近40万株，高接改优1万余株。到目前，河北省的优种核桃繁殖水平、繁殖数

量、规模和优种资源拥有量均已处于国内领先地位，优种苗木的产量超过了国内其他省市的总和。

4.3 发展对策

4.3.1 充分利用现有资源，提高核桃产量和质量

河北省核桃栽培非常广泛，但在现有成片和零星结果大树中，有一半左右由于立地条件差和栽培管理粗放等原因，通常年份的产量远远达不到正常结果的水平；还有一半的面积没有进入结果期，因此增产潜力巨大，这是河北省的一项宝贵资源，应该充分加以改造利用。在核桃低产树改造和管理方面，各地有许多成果和成功的技术经验可以借鉴。

1982～1985 年在涉县实施的河北省太行山核桃增产开发研究，对全县 37.8 万株核桃树进行刨树盘、施基肥、修剪、除治病虫害和叶面喷肥等综合管理，使第四年全县平均总产量比前 3 年平均总产量提高了 19.4％。

河北农业大学 1982～1985 年在涞水县通过修剪、防治病虫害、高接换优、水土保持和土壤改良、人工授粉、增施肥水等综合管理措施，使核桃增产14％～20％。1985～1987 年，在甘肃康县推广，主试点三年生单株平均产量较前 3 年生平均单株产量提高了 162％，好果率由 30％提高到 95％以上。

山西省林业科学研究所 1980～1994 年的核桃大树疏雄增产技术研究表明，疏除过多的雄花，使 10 109 株核桃大树平均增产 45％。1987 年大面积推广，19 162万株核桃增产幅度仍在 30％以上。

阜平县砂窝乡是该县核桃集中产区。核桃是当地农民的主要经济来源。果农非常重视核桃树的管理。当地政府也高度重视核桃的生产，制定强制性的核桃适时集中采收政策。该乡核桃不仅产量高，并且质量较好。仅此一项，当地人均收入就达 900 多元。

实践证明，现有的核桃大树只要加强管理、合理耕作，具有很大的增产和提高质量的潜力。因此，核桃产区各级政府和林业主管部门，应当加强管理和科学引导，加大宣传力度和科技投入。在采收期上，必要时可以采取强制性措施。同时还要加强坚果采后的管理和技术指导，改善坚果的外观品质，提高商品等级。

4.3.2 发展优良品种，提高出口创汇能力

选用核桃优良品种和采取品种化栽培，其产品质量优异，规格划一，在国际市场上具有很强的竞争能力。20 世纪 60 年代以前，我国是传统的核桃出口大国，许多地方的核桃（如河北的“石门核桃”、山西的“汾阳核桃”）在国际市场上享有盛名。到 20 世纪 60 年代，我国的核桃出口量占世界核桃贸易总量的 40％～50％。但从 20 世纪 70 年代开始，美国实行了核桃的良种品种化栽培，产

量和坚果质量都有很大提高，以强大的优势占领了国际市场，一跃成为核桃出口大国；而我国的核桃出口量则下降到世界贸易总量的20%～30%，价格也比美国的产品低30%以上。

从国际国内市场和国际核桃生产的发展趋势看，实现核桃的良种品种化栽培是河北省乃至全国发展核桃生产的唯一出路。现在，河北的核桃良种生产已经有了一个良好的开端，在繁殖能力和资源量方面都有了雄厚的基础。要进一步做好核桃良种化工作，需做好以下几方面工作。

4.3.2.1 扩大育苗规模，发展优良品种

目前，河北省已具有年产30万株优种核桃苗的生产能力，但还不能满足核桃良种化的需要。主要问题是：育苗力量过于分散，形不成规模，嫁接成活率也不够稳定，育苗成本较高，导致苗价偏高，无法被农民接受，影响苗木市场的前景。此外，核桃室内嫁接育苗技术比较复杂，非专业人员较难掌握。加大育苗力度应从抓规模入手，重点扶持和指导几个育苗大户，形成基地化、商品化育苗，稳固地扩大育苗规模。提高嫁接成活率，降低育苗成本，同时保证良种苗木的纯度。

4.3.2.2 高接换优，改造现有幼园

自20世纪70年代以来，河北省的核桃生产得到了进一步发展，培养了许多核桃幼树，出现了一些规模较大的核桃山、核桃沟和核桃基地。虽然有些因选址不当而失败，但还是保留了数千公顷的核桃幼树，这是一批宝贵的潜在资源。但由于品种混杂，如果利用不当，很可能成为低产劣质果园。因此，应及早对这些资源进行改造利用。高接换优是一项行之有效的技术措施。高接换优后的核桃园一般第二年正式结果，第三年可达到或超过改优前的水平。这项技术在河北的几个核桃主要产区已基本普及。1995～1997年，涞水、涞源县连续三年大面积高接改优，株成活率均保持在90%以上，赞皇县则达96.7%；涉县的核桃高接也有十几年的经验。

4.3.2.3 适地种植，形成规模

核桃是深根树种，一般要求土层厚度在2m以上。良种核桃不仅坚果质量好，而且单位面积产量高，一般可达普通核桃的2或3倍，因此，对立地条件要求较高，需要较好的土壤和肥水条件，也需要精心的管理。要改变那种因为核桃耐干旱瘠薄就应上山下滩的传统观念和粗放经营、放任生长的传统做法，选择适宜的土地，实行良种良作，发挥良种的最大效益。

发展良种核桃，除满足本省和国内市场外，更主要的目标是面向国际市场。因此，必须有相当的规模，走规模化、基地化的道路。只有批量的优质产品才能打入并占领国际市场。同时，基地化经营也有利于集约化生产和管理，创造规模效益。河北首批核桃良种生产重点县已经朝着这个方向努力，各县均已形成了一定的规模。

4.3.2.4 做好优良品种的区域适应性选择

由于良种繁育过程中品种过多，力量过于分散，除辽核1号、辽核4号、礼品1号和礼品2号等少数几个品种数量较大外，大多数品种（品系）都没有形成规模，而且在引种的过程中，也未对引进的品种（品系）进行区域适应性试验。到现在为止，引进的优种在本地的具体表现和适应性都没有具体结论。因此，急需进行品种区域适应性观察。对几个核桃主要产区近几年的高接园和已经开始结果的优良品种园引进的优良品种（品系）进行系统的观察。通过2～3年的观察，选择出最适合本地自然条件的品种，加以发展，形成规模，并带动附近地区的核桃生产。

4.3.3 发展本省优良品种

从当地选出的优良品种，对当地的土壤和气候环境具有较强的适应性，不需驯化过程。一般来讲，本地或周边地区是它的最适区。因此，应该把发展本省的优良品种放到重要位置来抓。重点扶持本地优种的发展，创造地方名牌，恢复河北核桃在国际市场上的声誉和地位。为此，应首先进行优良品种（品系）繁殖材料的扩大和积累。目前，河北省选出的优种核桃无性系数量太少，像天桥1号、东杨庄4号和曲里3号等，每个优系在全省只有几株或几十株，个别的只能在选种母树上采出一部分接穗，极大地限制了优种的繁殖。高接改优是增加优种无性系数量的最快、最简捷的办法，高接改优接穗的繁殖率可以达到10～20倍。在全省选择几块立地条件较好、树体健壮的核桃幼树园，用1～2年的时间全部改接成本省的优良品种（品系），然后滚动发展，3～4年就可以实现优种繁殖材料的基本自足，为本地良种的扩大繁殖和建立良种核桃生产基地打下基础。

4.3.4 核桃高接树枯死原因及解决办法

自1994年开始核桃高接换优技术在河北涞水县得到迅速推广普及，高接成活率一直稳定在90%以上，为核桃优种的繁殖推广起到了重要推动作用，也是推广核桃优种的重要手段。但是由于各种原因，核桃高接树整株枯死现象严重，笔者试图通过总结个人从事高接的经验和涞水的实际情况，找出树体枯死原因及解决办法。

4.3.4.1 营养严重不足引起树体生长停滞，根系腐烂翌春枯死

（1）发芽抽枝太晚。由于嫁接方法不正确或技术操作不熟练，造成单株接穗成活少，发芽晚且少。由于光合作用时间和枝叶量不够，营养积累严重不足。

（2）疏除不合理。萌蘖未按要求疏除，造成接穗未成活或成活不理想时，已无萌蘖可留，甚至已不能产生萌蘖，树体因得不到营养而枯死。

（3）高接树不合理的补接。对高接未成活树保留的2或3个萌条，当年夏季继续进行重摘叶方式的芽接，也可以造成树体的营养严重不足。

（4）过量结果。由于立地条件差，连续多年不修剪、不施肥、不浇水等粗放管理行为，造成树体过量结果，形成只见果不见叶的严重衰弱现象，树体由于没有足够的营养积累而无法越冬存活。旱地在干旱年份表现特别严重。

4.3.4.2　虫危害树干阻断正常营养运输，因根系腐烂而枯死

树干被溃疡病、腐烂病和云斑天牛等危害，未得到及时防治，造成树干皮部整圈坏死，树体营养运输中断，根系腐烂。嫁接放水口被病虫危害，未能按时愈合也可引起上述现象发生。

4.3.4.3　管理不当追施化肥过量，造成“烧根”死树

（1）追肥方法不当。生长季节追肥时，一次性追施化肥数量过大，或只追肥不浇水，使根系部位肥料浓度过高，造成肥害烂根而死树。

（2）其他。冻害及除草剂的滥用，都可以削弱树势，加重树木受害程度。

4.3.4.4　解决办法

1）掌握高接技术

在严格按照操作规程使用粗壮有效接穗、选择成活率稳定的插皮舌接和装土套袋方法基础上，还应注意以下几点：

一是选择健壮无病虫砧木。选择光照充足、土层深厚、有足够根系营养空间，骨干枝光滑圆满、无病虫斑伤的树作砧木。要求砧木上年度枝叶营养充足。

二是选择合理的嫁接时期和嫁接头数。嫁接以砧木外围新梢顶芽萌动至抽梢3～5cm为最好。过早砧木不离皮，过晚砧木储存营养减少，接芽生长期也大大缩短。嫁接头数是影响高接树健壮生长的关键因素。适宜的接头数应是砧木上适合嫁接粗度骨干枝数，疏除少量重叠、交叉枝后的骨干枝数。嫁接粗度以4～7cm最合适，保留的长度以20～50cm为宜，主从关系清楚。一般4～10年生幼树，1～5个接头；10～40年生大树，5～20个接头；50年生以上衰老树，30～50个接头。

三是放水口的使用。放水是核桃幼树高接的必经工序（留拉水枝除外），放水口一般应在树干距地面30cm左右外，锯口和树干呈45°，由3或4个螺旋状锯口组成。锯口应深达木质部约树干直径的1/4左右，以伤流能正常流出为准。放水口应在接芽抽出新梢时开始愈合，如超过45d还未愈合，应采取包扎、涂药灭菌等保护措施促其愈合。

四是砧木除萌。除萌应分阶段进行。接后15d以内，疏除砧木上全部萌蘖；接后20～30d，视接穗成活情况而定。接芽萌动或发芽的，疏除其下部萌蘖；接穗新鲜而未萌动的，其下部保留一萌条并控制其生长；接穗已枯死的，保留一萌条；嫁接30d以后，接穗虽然成活但长势极弱，其叶面积和生长期乘积（正常生长树叶面积×全年生长期天数）不足正常值的1/10时，萌条应保留；接穗全部死亡的，保留2或3个萌条。保留的萌条应尽量选在接口附近的较高位置，以保护树干。

2）合理浇水施肥提高树体营养水平

充足而合理的肥水供应是保证核桃优种优良特性的物质基础，也是提高肥效和树体营养水平的前提。

浇水。核桃属耐旱树种，常年降水量 500mm 以上并且分布均匀即可满足生长发育需求。由于连年干旱及降水不均等原因，在核桃需水的萌芽前后、花芽分化前、采收至落叶 3 个时期没有降水或降水不足时，需进行人工浇水。一般每亩每次浇水 3000～5000kg，即每株每次约需 4～10 水桶水。

施肥。一般依据树体大小、结果多少、树势强弱等确定施肥量。每年每株粗肥 50～200kg，追肥 0.5～1kg。粗肥要在秋季果实采收后至土壤上冻前，结合土壤深翻施入；追肥要坚持少量多次，N、P、K 微量元素混合均衡施入。施肥和浇水要同时进行，切不可只施肥不浇水或少浇水。有条件的地方，还应提前进行土壤营养和水分分析，科学施肥浇水。

4.3.4.5　整形修剪

整形修剪可使树体骨架牢固、光照充足、结果和生长合理、树势增强。现在生产中树型多以疏散分层型为主，修剪以短截和回缩为主，疏枝为辅，尽量多保留发枝部位。不同的枝条类型可采取如下措施：交叉枝、重叠枝应短截或回缩到各自允许的空间位置；下垂枝回缩或短截到可保留的高度位置；密挤枝、细弱枝、枯死枝疏除；各骨干延长枝中度壮芽处短截。

4.3.4.6　病虫害防治

病虫危害是树木致死的主要原因。除嫁接前对砧木和接穗进行选择预防外，高接后还应对云斑天牛、溃疡病、介壳虫类、刺蛾类、金龟子类、舞毒蛾、黑斑病、炭疽病、举肢蛾、桃蛀螟、象鼻虫、蚱蝉、豹蠹蛾、桑天牛等病虫按其发生规律进行防治。特别是云斑天牛和溃疡病，要坚持早发现、早除治，控制其危害。

参 考 文 献

白仲奎，张雅惠. 1995. 地方名产“石门核桃”的生产现状及发展途径. 河北果树，3：22～25

王根宪等. 1995. 核桃低产林改造综合技术总结. 中国果树，(3)：37～38

郗荣庭，张毅萍等. 1992. 中国核桃. 北京：中国林业出版社

杨华廷. 1994. 核桃大树高接改劣换优技术. 山西果树，(1)：22～24

核桃丰产与坚果标准 GB7907—1989

Robison S A, Mc Carthy B C. 1997. Growth respinses of *Carya ovata* (Juglandaceae) sedings to experimental sun patches. The American Midland Naturalist. 69～84

5 层积催芽对美国黑核桃种子发芽和苗木生长的影响

美国黑核桃（*J. nigra* L.）是一个果材兼用的优良树种，国内已有近15年的引种栽培历史。在国家“948”项目中，黑核桃作为重要引进树种，开始栽培和研究。黑核桃种子含油脂很高，储藏期间容易劣变。美国的研究（Robison 1997）表明，新鲜的黑核桃种子一般需要低温层积催芽（120 d）或秋播才能正常发芽；直播黑核桃发芽率只有60%～70%（麦克丹尼尔 1990）。近年，我国每年引进数十吨黑核桃种子，往往因为种子处理不当，导致育苗失败。引进的黑核桃种子因为到货时间晚，当年难以满足层积催芽所需时间，导致发芽率低、播种期推迟、苗木生长落后、越冬性不良。因此，研究新鲜的和隔年储藏的黑核桃种子层积催芽及其对苗木生长的影响，是当前发展黑核桃的一个重要问题。

5.1 材料和方法

5.1.1 材料

1997年冬，由美国 Hammons 公司引进当年秋季采集的黑核桃种子，1998年1月15日种子运到后立即在0～5℃的冷室中储藏。经检验该批种子的优良度为100%。1998年11月15日开始分期用细锯末进行层积催芽和秋播试验。

5.1.2 方法

5.1.2.1 层积催芽

设计两种层积催芽前的预处理方法：①冷水浸种5 d，每天换水1次；②种子在饱和的水气中平衡（吸湿）5 d。经上述处理的种子用气干燥，含水率为200%的新鲜细锯末与种子充分混合，放到2～5℃的冷室中催芽；层积期间每30 d测定一次种子含水率。设计3种催芽时间：150 d（11月15日至次年4月15日）、90 d（1月15日至4月15日）和30 d（3月15日至4月15日）。1999年4月15日取出种子，统计各处理开始萌动种子数，并立即播种到田间；定期调查发芽率，计算发芽速度。

5.1.2.2 秋播

取低温储藏的黑核桃种子，于1998年11月15日播种，播种深度5～6cm，冬季床面用塑料薄膜覆盖，4月中旬撤去覆膜。

5.1.2.3 内源激素测定

层积催芽结束时，精确称取浸种预处理不同层积时间的种仁 1～3g，剪碎，加 80%冰甲醇研细，转至 150ml 三角瓶，再加 20ml 冰甲醇，4℃超声波内震荡 2h。过滤，残渣再加 20ml 80%冰甲醇，冰箱过夜，再过滤，合并滤液，取 10ml 滤液过 Sep-pak C_{18}小柱，弃去滤出液，用 2ml 乙腈冲洗 Sap-pak C_{18}小柱，收集洗出液，经过 0.45μm 滤膜过滤后，清液上 HPLC ，测定 GA_3、ABA、Z 和 IAA 4 种内源激素含量。

5.2 结果和分析

5.2.1 气干种子浸种的吸水进程

表 5.1 是气干种子浸种的吸水进程测定结果。表 5.1 表明：黑核桃种子在室温（15℃）浸种 24 h，含水率较气干种子增长了 61.93%；浸种 48 h 水分再增长 11.35%。以后随浸种时间延长，水分增长速度减慢；第六天后水分增长已很缓慢，但浸种 9 d 后，含水率仍有缓慢增长。根据种子吸水进程，层积前浸种预处理时间可定为 5～6 d。

表 5.1 气干种子浸种的吸水进程

参数	浸种时间/d									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
种子含水率/%	10.77	17.44	19.42	20.69	21.66	22.48	23.69	24.34	24.99	25.80
水分增长率/%	0	61.93	11.35	6.54	4.69	3.79	5.38	2.74	2.67	3.24

5.2.2 层积期间种子吸水进程

两种水分预处理的种子层积前的含水率以浸种预处理较高，为气干种子水分的 199.54%，吸湿预处理的含水率为气干种子水分的 119.87%。浸种能促使种子快速吸水，吸湿预处理吸水过程很缓慢。

表 5.2 表明，浸种预处理的种子，层积 90 d，含水率从 21.49%增为 32.50%，已达到饱和状态，继续层积到 120～150 d，含水率也不再提高。吸湿预处理的种子，由于起点含水率很低（12.91%），直到层积 120 d，含水率才接近饱和水平。可见黑核桃层积催芽是一个缓慢的吸水过程，达到饱和含水量所需时间与种子开始层积催芽前的含水率有关，层积催芽前含水率越低，所需缓慢吸水的时间越长，其适宜的层积催芽时间也会越长。

表 5.2　层积期间种子含水率的变化

预处理方法	开始层积的含水率/%	层积中各时期种子的含水率/%				
		30 d	60 d	90 d	120 d	150 d
浸　种	21.49	28.40	30.58	32.50	32.12	32.90
吸　湿	12.91	22.25	27.60	29.67	31.01	32.15

注：种子储藏期间的气干含水率为 10.77%

5.2.3　层积处理与种子萌动的关系

黑核桃种子层积催芽不仅是一个缓慢的吸水过程，也是一个缓慢转化和缓慢发芽过程。为此，对 3 种催芽时期的种子，在其催芽期结束时，检查了种子萌动情况。萌动的指标是指种子缝合线靠近胚根的一端明显被胀裂，有的根端膨大，有的白色胚根尖端已突破内种皮。从表 5.3 的数据可以看出，层积 30 d，两种水分预处理的种子都没有萌动的迹象；层积 90 d，浸种预处理的种子已有 53.3% 开始萌动，而吸湿预处理只有 13.3% 开始萌动，两种预处理平均萌动率为 33.3%；层积 150 d 浸种预处理萌动种子达 66.7%，吸湿预处理的种子萌动率为 46.7%，两种预处理平均萌动率为 56.7%。可见，层积催芽过程中种子萌动既与催芽时间长短有关，又与种子开始催芽时的含水率有关；种子只有达到或接近饱和含水率时才开始萌动。根据种子萌动的百分率判断，黑核桃低温层积催芽时间 150 d 为宜。

表 5.3　层积催芽与种子萌动的关系

层积天数/d	不同预处理种子萌动率		
	浸种/%	吸湿/%	平均/%
30	0	0	0
90	53.3	13.3	33.3
150	66.7	46.7	56.7

5.2.4　层积催芽与内源激素含量的关系

层积催芽促使种子合成某些生长激素，如 GA 和细胞分裂素（Z）；降解或转化某些抑制激素，如 ABA 等；内源激素的消长是种子储藏物质转化、大分子物质合成和萌发的重要条件（徐是雄等　1987）。表 5.4 测定结果表明，未层积的黑核桃种子（休眠种子）GA_3 含量较低、ABA 含量最高，未检测出细胞分裂素。随层积催芽时间延长，GA_3 和 Z 含量逐渐增加，ABA 含量急剧下降，催芽 90 d 已检测不出 ABA。已知，在种子萌发过程中，GA_3 能促进种子萌发、细胞

分裂素与 ABA 拮抗，减轻与消除 ABA 对萌发的抑制作用（徐是雄等 1987）。可见，生长激素积累和抑制激素降解与黑核桃种子休眠萌发密切相关。

未层积的核桃种子 GA_3 含量很高、ABA 含量较低，$GA_3/ABA=3.34$（表 5.4），该种子不进行层积催芽即可顺利发芽并正常生长（郗荣庭等 1992）。休眠的黑核桃种子，$GA_3/ABA \leqslant 1.63$，很难发芽；可见，打破休眠的生长激素（GA_3）与抑制萌发的激素（ABA）之间的平衡可能控制黑核桃种子的休眠或萌发。表 5.4 表明，内源激素 $GA_3/ABA=3.89$ 时（层积 30 d），黑核桃种子可缓慢发芽，但发芽率很低；层积 90 d，ABA 降低到零，$GA_3 > 80 \mu g/100g$ 时，黑核桃种子解除抑制，随 GA_3 含量增加，发芽速度和发芽率均明显提高。

表 5.4　层积处理时间与内源激素含量的关系

预处理	层积天数 /d	种子含水率 /%	GA_3 /(μg/100g)	ABA /(μg/100g)	GA_3/ABA	Z /(μg/100g)
对照 1（核　桃）	0	30.21	141.2	42.3	3.34	0
对照 2（黑核桃）	0	15.53	78	47.9	1.63	0
黑核桃浸种 5 d	30	23.7	95.8	24.6	3.89	39.2
黑核桃浸种 5 d	90	26.2	83.8	0	>3.89	68.9
黑核桃浸种 5 d	150	31.35	383.2	0	>3.89	21.9

5.2.5　层积处理和秋播对田间发芽率和发芽速度的影响

表 5.5 表明，两种水分预处理催芽 30 d，发芽率最低，平均 22.2%；发芽速度最慢，播种后 20 d 未见发芽，40 d 只达到总发芽率的 47.3%；烂种率最高，达 47.5%；但在播后 60 d，好种率仍为 25.60%，说明其层积时间不足，以致播后 60 d 部分好种子仍未能发芽。层积催芽 90 d，发芽率和发芽速度居中，两种预处理平均发芽率为 50.0%；播后 20 d 未见发芽，40 d 发芽率为平均发芽率的 87.2%；烂种率最低，为 30.2%；播后 60 d 好种率 10.5%，说明其层积时间仍显不足。催芽 150 d，发芽率最高，两种预处理平均发芽率为 62.5%；发芽速度最快，播后 20 d 发芽率已达平均发芽率的 64.0%；烂种率居中，为 37.5%；播后 60 d 好种率为零，这说明催芽 150 d 已充分满足了黑核桃种子层积所需时间。

在两种水分预处理中，浸种 5 d 的 3 个催芽期平均发芽率 51.5%；其中，以催芽 150 d 发芽率最高，为 75.0%，发芽最快。吸湿预处理 3 个催芽期平均发芽率为 38.3%；其中，也是层积催芽 150 d 发芽率最高，为 50.0%。各种预处理均随层积时间缩短，发芽率显著降低。

秋播的种子入春发芽速度最快，春暖后只需 40d 发芽即已结束；但其发芽率为 40%，只比层积 30 d 的高；烂种率为试验中最高的，达 60.0%；好种率为

零。可见秋播不是一个好方法。

表 5.5 层积催芽对黑核桃种子田间发芽率和发芽速度的影响

预处理	层积天数/d	各时期的发芽率/%			烂种率/%	好种率/%
		20d	40d	60d		
浸种预处理	30	0	11.0	29.4	50.0	16.2
吸湿预处理	30	0	10.0	15.0	45.0	35.0
平　均		0	10.5	22.2	47.5	25.6
浸种预处理	90	0	47.1	50.0	20.4	11.0
吸湿预处理	90	0	40.0	50.0	40.0	10.0
平　均		0	43.6	50.0	30.2	10.5
浸种预处理	150	40.0	62.5	75.0	25.0	0
吸湿预处理	150	40.0	45.0	50.0	50.0	0
平　均		40.0	53.8	62.5	37.5	0
秋　播		26.7	40.0	40.0	60.0	0

5.2.6 低温层积催芽对黑核桃苗木生长的影响

低温层积催芽不仅是促进黑核桃种子萌发的好方法，也是促进苗木生长的措施。表 5.6 用相对生长势比较苗木生长状况，这是因为层积催芽时间长短不同，使苗木移到苗圃的时间不同，用生长势可便于比较。从表 5.6 可以看出，未层积的黑核桃种子，锯开胚根尖端的种壳，少部分种子也可以发芽，但苗木生长很缓慢，当年苗高只达到层积 90 d 的 12.9%，叶呈莲座状分布。未层积的种子用 100 mg/L GA_3 处理，其苗木生长优于前者，表明 GA_3 有促进苗高生长的作用。低温层积对黑核桃苗木高径生长势与层积时间长短有关。层积 90 d 高径生长势最高；层积 60 d 的其次；层积 30 d 的最低，但其生长势仍远高于两种未层积的种子。

表 5.6 低温层积催芽对黑核桃苗木生长的影响

处　理	生长时间/d	苗高/mm	地径/mm	苗高 H/(cm/d)	地径 D/(mm/d)	相对生长势	
						苗高(H)/%	地径(D)/%
未层积	112	12.5	9.9	0.11	0.09	12.9	33.3
GA 浸种	120	21.5	10.4	0.18	0.09	21.2	33.3
层积 30d	72	33.0	12.2	0.46	0.17	54.1	63.0
层积 60d	60	34.0	10.4	0.57	0.17	67.1	63.0
层积 90d	35	29.7	9.4	0.85	0.27	100.0	100.0

5.3 结　论

（1）黑核桃种子在 0～5℃温度下储藏一年后，层积催芽前最好的预处理方法是在室温（15℃）下浸种 5～6 d，然后在 2～5℃温度下层积催芽 120～150 d，发芽速度最快，田间发芽率可达 75%。

（2）黑核桃种子只有达到或接近饱和含水率时，才开始萌发。浸种 5 d 含水率只达到饱和含水率的 66.12%，需要在层积过程中继续缓慢吸水，层积 90 d 开始达到饱和含水率。吸湿预处理，层积前只达到饱和含水率的 40.16%，直到层积 120～150 d 才达到饱和含水率，所以，催芽期间种子萌动较晚，萌动率较低。根据达到饱和含水率的时间和催芽期间种子萌动率两项指标，黑核桃层积催芽的适宜时间应为 120～150 d。

（3）休眠的黑核桃种子 GA_3 含量较低，ABA 含量最高，未检测出 Z；随层积时间延长 GA_3 和 Z 明显上升，ABA 急剧降到零。休眠的黑核桃种子GA_3/ABA 为 1.63，很难发芽；层积 30 d，GA_3/ABA 为 3.89，开始缓慢发芽；催芽 90 d，ABA 降低到零，开始较顺利的发芽。可见 GA_3 和 ABA 的消长平衡控制着黑核桃种子休眠或萌发。

（4）低温层积催芽可促进黑核桃一年生苗木高径生长，层积时间愈长，苗木的长势愈强。

参考文献

麦克丹尼尔. 1990. 坚果栽培. 朱金兆译. 北京：中国林业出版社. 294～295

汪晓峰. 1997. 种子活力生物学基础及提高和保持. 种子，(6)：36～39

郗荣庭，张毅萍. 1992. 中国核桃. 北京：中国林业出版社. 259～261

徐是雄，唐锡华，傅家瑞. 1987. 种子生理的研究进展. 广州：中山大学出版社. 172～176

Miller L. 1994. Eatern black walnut seed size trail. In 85th annul meeting of the northern nut grower's accociation，85：38～39

Qi Y D，Bilan M V，Chin K L. 1993. New method for breaking Korean pine seed dormancy. J. Arboriculture，2 (19)：113～117

Terry L，Robinson G Yord，Greg Hoss. 1997. Direct seeding and seeding production in nursery beds. In Proceeding of the Fifth Black Waulnut Symposium USDA. 96～103

6 美国黑核桃嫁接技术的研究

黑核桃（*J. nigra* L.）为核桃科核桃属大乔木，原产北美洲，是一种果材兼优、多用途的珍贵硬阔叶树种。因其适生范围较广、抗逆性较强、病虫害少、比较速生、多用途等优良特性，20 世纪 80 年代开始引入我国，已在一些省市栽培。解决黑核桃优良种源和良种无性系的繁殖技术是加速黑核桃良种发展的关键环节。近几年我们较全面地研究了黑核桃良种嫁接技术，针对黑核桃特性和生产条件，总结出适宜嫁接时期和嫁接方法，提高了嫁接成活率和苗木质量，降低了嫁接苗成本，为良种黑核桃无性繁殖提供了技术依据。

6.1 材料和方法

6.1.1 试验地概况

试验地位于河南省洛宁县东关良种繁殖圃，北纬 34.4°、东经 111.8°，海拔 280m，年降水量 606mm，年平均气温 13.7℃，无霜期 216d，土壤 pH 值 7.0，为冲积褐土，土层深厚，灌溉方便。

6.1.2 试验材料

供试品种为美国东部黑核桃 3 个优良无性系：81～143、That cher 和 Mgers。接穗采自洛宁县东关苗圃黑核桃采穗园。砧木为一年生普通核桃。

绑缚材料，芽接用厚为 0.014mm 的农用地膜，枝接用厚为 0.02mm 塑料薄膜。

6.1.3 嫁接技术

采用芽接和枝接两种方法。研究了大方块芽接、T 字形带木质部芽接和闷芽接；枝接采用几种常用枝接方法，研究了大田枝接与室内枝接方式对嫁接成活和苗木质量的影响。

6.2 结果与分析

6.2.1 芽接技术

6.2.1.1 方块芽接和 T 字形带木质部芽接对成活的影响

采用夏季大方块芽接、双开门芽接和 T 字形带木质部芽接。大方块芽接：

夏季用双刃刀切取砧木皮层，同时用双刃刀切取芽片，取出芽片立即嵌入砧木切口，用塑料薄膜绑缚。双开门芽接取芽片的方法与大方块芽接相同，砧木用双刃刀横切，然后从切口中央竖切，拨开皮层，嵌入芽片并绑缚。雨季后期可用方块闷芽接，此法接芽不易萌发且避开阴雨季节。T字形带木质部芽接从树液流动时开始，芽片切成盾状，带少许木质部，长3～5cm，上宽1.5cm；砧木横切，深达木质部，用芽接刀拨开皮层，然后扭下芽片，插入T形切口，用塑料条绑缚。三种芽接方法同时在五月上旬嫁接，其成活率如表6.1所示。

表6.1　不同芽接方法对成活率的影响

芽接方法	成活率/%	q检验
大方块芽接	95.2	a
双开门芽接	73.3	b
T字形芽接	63.4	b

注：$q_{0.05}$（3.36）＝3.85

从表6.1看出，夏季大方块芽接成活率最高，达到95.2%，这可能是因为砧穗接触面积大并有利于排出伤流液所致；双开门芽接伤流液或雨水易在接口处滞留；T字形带木质部芽接砧穗接触面积小，后两者的成活率都远低于大方块芽接。

6.2.1.2　芽片大小及绑缚方法对成活的影响

方块芽接芽片太小，操作困难，芽片所带营养较少，成活率较低。芽片过大导致砧木伤口过大，不利于养分运输和接口愈合，成活率也较低。表6.2为芽片大小与嫁接成活率的关系。从表6.2可以看出，对于一年生砧木的粗细，适宜的芽片长1.5～3.0cm、宽1.0～1.3cm。

表6.2　芽片大小对嫁接成活的影响

芽片长/cm	4.5	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
芽片宽/cm	1.8	1.5	1.3	1.2	1.0	1.0	0.8
成活率/%	82.8	89.4	96.3	95.3	96.4	90.6	84.3

此外，我们还发现，接芽绑缚采用包芽法（或露芽法）对成活影响也非常明显。绑缚时接芽和叶柄外露，接芽容易萌发，叶柄很少腐烂，成活率较高，接芽生长快。绑缚时用包芽法操作简便、效率高，但叶柄易腐烂，接芽萌发晚，成活率较低。前者成活率为96.2%，后者成活率为83.4%。

6.2.1.3　芽接时期对成活的影响

不同芽接方法宜在不同时期进行。选择不同时期，每种方法每期嫁接 200 株，研究了嫁接时期对成活率的影响，结果见表 6.3。表 6.3 表明，T 字形带木质部芽接的适期为 4 月 10 日至 4 月 20 日，平均成活率 71.8%；夏季大方块芽接适期为 5 月 25 日至 7 月 15 日，平均成活率 91.1%；方块闷芽接适期为 7 月 25 日至 8 月 5 日，平均成活率 79.4%。

T 字形带木质部芽接适接期最短，成活率最低，但可利用较细的接穗。夏季大方块芽接适接时期最长（50d），成活率最高，是一种最好的嫁接方法。方块闷芽接成活率和嫁接适期居中，此法可在次年 5～6 月从萌出的嫁接苗上剪取1～2 个嫩枝顶接穗。

表 6.3　芽接时期对成活的影响

T 字形带木质部芽接		夏季大方块芽接		方块闷芽接	
嫁接日期（月．日）	成活率/%	嫁接日期（月．日）	成活率/%	嫁接日期（月．日）	成活率/%
3.20	37.9	5.15	84.3	7.25	82.3
4.01	48.7	5.25	92.4	8.05	76.4
4.10	69.7	6.05	93.6	8.10	72.3
4.20	73.9	6.10	94.7	8.20	62.8
4.30	56.2	6.15	93.9	8.30	63.7
5.05	43.6	6.25	96.2		
5.15	40.3	7.05	95.4		
		7.15	92.6		

6.2.1.4　芽接后剪砧留叶数量对成活的影响

对芽接后剪砧时采用全剪砧、留叶 1 片剪砧、留叶 2 片剪砧、留叶 3 片剪砧、留叶 5 片剪砧、留叶 10 片剪砧和叶片全留等不同处理对成活率的影响进行了研究，试验结果如表 6.4 所示。由表 6.4 可以看出，芽接后留叶 2 或 3 片剪砧，成活率最高，平均达 94.3%。砧木叶片全去或仅留 1 片叶剪砧，剪砧后 5～7d 芽体即迅速膨大，但此时因夏季气候高温低湿，成活率较低；若剪砧后遇到特热天气，个别砧木还会失水枯干。留叶 2 或 3 片剪砧，嫁接后 7～10d 芽体膨大，成活率最高；留叶 5 片以上剪砧或全留叶，砧木长势太强，水分养分消耗量大，不利于接口愈合，成活率最低。

表 6.4　剪砧留叶多少对成活的影响

项　目	成活率/%	芽体膨大率/%
叶片全去	78.4	74.2
留 1 片剪砧	85.3	82.4
留 2 片剪砧	93.2	80.4
留 3 片剪砧	95.4	92.7
留 5 片剪砧	90.3	87.6
留 10 片剪砧	86.3	83.4
叶片全留	76.7	72.4

6.2.2　枝接技术

6.2.2.1　枝接方法对嫁接成活的影响

采用常规的枝接方法，即插皮舌接、双舌接、皮下接和劈接，选择适宜的枝接时期（3 月 25 日）和砧穗接口处理技术，研究了不同枝接方法对成活的影响，结果见表 6.5。从表 6.5 可以看出，以插皮舌接与双舌接成活率最高，两者的差异不显著；皮下接成活率居中；劈接活率最低。插皮舌接和双舌接砧穗接触面较大，接口紧密牢固，接口愈合快，可能是成活率提高的原因。

表 6.5　不同枝接方法对嫁接成活的影响

嫁接方法	成活率/%	q 检验
插皮舌接	89.3	a
双舌接	88.4	a
皮下接	82.4	ab
劈　接	79.1	b

6.2.2.2　枝接时期对嫁接成活的影响

为解决枝接的适宜时期，我们采用双舌接法，接口封蜡，研究了枝接的适宜时期。具体从 2 月 20 日开始，每隔 10～20d 嫁接一批，当年秋季调查成活率，结果见表 6.6 所示。表 6.6 表明，双舌接适于在 3 月 15 日至 4 月 25 日嫁接，平均成活率 86.9%；其最适嫁接时期为 3 月 25 日至 4 月 15 日，平均成活率为 90.1%（表 6.6）。嫁接时期过早气温低，砧穗生理活动弱，接口愈合慢，成活率低。进入 5 月气温迅速升高，砧穗间水分养分竞争激烈，成活率急剧下降。

表 6.6　双舌接时期对成活率的影响

嫁接时期（月．日）	成活率/%	q 检验
2.20	64.4	c
3.15	82.5	b
3.25	88.4	a
4.15	91.7	a
4.25	84.2	b
5.05	67.6	c
5.20	49.7	d

注：$q_{0.05}$（7.84）＝4.31

6.2.2.3　接口处理对嫁接成活的影响

春季枝接正值干旱多风时期，因此接口保湿可明显提高成活率。嫁接接口采取封蜡套袋、封蜡不套袋和不封蜡不套袋三种处理方法，试验结果如表 6.7 所示。表 6.7 表明，接口不封蜡不套袋，会因接口失水而使成活率最低。接口封蜡嫁接后套袋，由于接芽萌发破膜时温度、湿度变化剧烈，也降低了成活率。接口封蜡不套袋处理嫁接成活率最高，达到 86.72%。

表 6.7　不同保湿方法对成活率的影响

保湿方法	成活率/%	q 检验
接口封蜡不套袋	86.7	a
接口封蜡套袋	82.4	b
接口不封蜡不套袋	59.7	c

注：$q_{0.05}$（3.36）＝3.85

6.2.2.4　室内枝接和田间枝接对成活和苗木质量的影响

室内枝接工作效率高，劳动强度低，嫁接时期较长；大田枝接不需要专门设施，但劳动强度较大。利用上年采集储存的接穗，采用双舌接法研究了室内枝接和大田枝接对成活和苗木质量的影响。试验共设置 4 个处理：①室内枝接后温室培育，②室内枝接后大棚培育，③室内枝接后直接移栽到大田，④大田枝接。每个处理嫁接 200 株，结果如表 6.8 所示。从表 6.8 可以看出，室内枝接后立即移栽到温室或大棚培养，待愈合成活后再移植到大田，此法嫁接时期长，成活率较高，但苗木质量稍差，操作环节较多，且需一定设施。室内枝接后立即移栽到大田，并覆盖地膜，最终成活率最高，此法投资少，程序简单，适于普及推广。大田枝接虽然成活率较低，但苗木质量比较高。

表 6.8 室内枝和大田枝接对苗木成活和质量的影响

枝接方式	最终成活率/%	苗高/cm	地径/cm	一级苗/%
温室培育	80.2	82	1.4	62.9
大棚培育	86.7	87	1.0	63.4
大田移植	88.6	90	1.2	69.2
大田枝接	79.2	120	1.5	70.5

6.2.3 不同嫁接方法对苗木质量和经济效益的影响

6.2.3.1 不同嫁接方法对苗木成活和质量的影响

对室内枝接田间栽植、T 字形带木质部芽接、夏季大方块芽接、方块闷芽接、嫩枝顶端嫁接 5 种方法的嫁接成活率、苗木质量、接芽利用率等进行了比较研究，结果见表 6.9。从表 6.9 可以看出，如果以成活率、一级苗比率和接芽利用率三项指标的乘积作为衡量质量的标准，效果最好的是夏季大方块芽接（66.5%），其余依次为闷芽接（47.9%）、室内枝接田间栽植（31.0%）、T 字形带木质部芽接（29.0%）和嫩枝顶嫁接（ 23.8% ）。

表 6.9 不同嫁接方法对苗木成活和质量的影响

嫁接方法	成活率/%	苗高/cm	地径/cm	根长/cm	一级苗/%	接芽利用率/%
枝　接	89.1	100.4	1.42	36.7	77.3	45
T 字形芽接	73.9	89.1	1.56	38.7	52.4	75
大方块芽接	96.2	76.3	1.23	34.6	78.6	88
闷 芽 接	72.3	120.1	1.46	42.6	75.3	88
嫩枝顶嫁接	78.7	84.0	1.49	40.3	70.4	43

注：接芽利用率＝每根接穗上芽子利用率

6.2.3.2 嫁接苗成本核算

根据试验数据计算了嫁接苗成本、每株苗毛收入和产出投入比。嫁接苗成本/株＝（砧木苗费＋接芽费＋嫁接费＋管理费）/成活率，结果如表 6.10 所示。从表 6.10 可以看出，夏季大方块芽接成本最低，嫩枝顶嫁接其次，闷芽接第三，枝接和 T 字形芽接成本最高。

按一级苗市场价为 6 元、二级苗为 4 元，根据嫁接苗成活率、一级苗比率和苗木成本计算不同嫁接方法的毛收入，计算公式如下：

毛收入（元/株）＝｛一级苗比率× 6.0 ＋［（1－一级苗比率）×4.0］｝×嫁接成活率

结果表明（表 6.10），夏季大方块芽接毛收人和产投比最高；枝接和嫩枝顶嫁接其次；闷芽接和 T 字形芽接最低。

表 6.10　几种嫁接方法的成本核算

嫁接方法	接穗费/株	嫁接费/(元/株)	苗木成本/(元/株)	毛收入/(元/株)	产投比
枝　接	0.4	0.3	1.46	4.94	3.38
T 字形芽接	0.3	0.3	1.62	3.73	2.30
大方块芽接	0.2	0.2	1.04	5.36	5.15
闷芽接	0.2	0.2	1.38	4.12	2.99
嫩枝顶嫁接	0.2	0.3	1.24	4.25	3.43

注：砧木苗成本为 0.4 元/株，嫁接苗的管理费为 0.2 元/株

6.3　结　　论

(1) 几种嫁接方法的适期：夏季大方块芽接的最适时期为 5 月 15 日至 7 月 25 日；闷芽接的最适时期为 7 月 25 日至 8 月 30 日；T 字形带木质部芽接的最适时期为 4 月 10 日至 4 月 30 日；室内枝接田间移植的最适时期为 3 月 15 日至 4 月 20 日；室内枝接温室或大棚培养后田间移植的适接时期较长，为 2 月 20 日至 3 月 30 日；嫩枝顶嫁接最适时期为 4 月 20 日至 6 月 30 日。

(2) 在几种芽接方法中，夏季大方块芽接成活率最高、嫁接时期最长、苗木质量和经济效益最好，是一种值得推广的嫁接方法。闷芽接和 T 字形带木质部芽接虽然经济效益最低，但前者可在夏季少雨的地方采用，后者适于细接穗的利用。

(3) 在几种枝接方法中，室内舌接（或插皮舌）接口封蜡后田间栽植成活率最高，苗木质量和经济效益较好，是一种最好的枝接方式。但此法嫁接时间较短。为充分利用冬闲，延长嫁接时间，可采用嫁接后先在温室或大棚培养，待愈合后再移栽到田间。嫩枝顶嫁接经济效益稍低，但可作为一种补接方法，用于未成活的植株。

参 考 文 献

吕保聚，程新林等. 2000. 黑核桃良种嫁接苗的快速繁育技术. 林业科技通讯，46～47
麦克丹尼尔 L H. 1982. 北美坚果栽培. 北京：中国林业出版社. 65～71
裴东，吴燕民，奚声柯. 2000. 美国黑核桃栽培及在我国的发展前景. 河北林果研究，15 (1) 95～100
裴东，张俊佩，石永森. 2002. 层积催芽对美国黑核桃种子发芽和苗木生长的影响. 林业科学，38 (5)：73～77
Ryugo. 1988. Fruit Culture. NewYork：John Wiley & Son Publisher. 228～256

7 美国黑核桃早期生长特性研究

黑核桃原产美国，属于胡桃科核桃属黑核桃组，其主根发达，树势生长旺盛，能耐一定的干旱和瘠薄，木材结构紧密，力学强度较高，纹理、色泽美观，且易加工，是高级用材和特（果）用经济树种。由于黑桃核具有广泛的用途和重要的价值，因此，1984年中国林业科学研究院林业研究所在原林业部种苗总站的支持下，与河南省洛宁县林业局协作，在河南省和北京市建立了黑核桃引种试验点。现在，河南省洛宁县已成为我国培育和栽植美国黑核桃的主要地区，山西、吉林、新疆、陕西、宁夏和山东等地也开始引种试栽。本研究的目的是，对河南省洛宁县引种的黑核桃早期生长特性做初步探讨，并与核桃楸（*J. mandshurica* Maxim.）和核桃的生长特性进行比较，从而提供黑核桃在我国生长发育的基础数据，促进黑核桃生物学特性的进一步研究和在我国其他地区的推广引种。

7.1 研究地点和研究方法

7.1.1 研究地点

调查研究地点为河南省洛宁县，该县位于河南省西部，地理位置是北纬34°06′～34°08′、东经111°08′～111°50′，海拔280～2103m。气候属暖温带大陆性季风气候，雨热同季，四季分明。年均气温13.7℃，5～10月平均气温21.9℃；年均降水量606mm，5～10月降水量475.7mm；年均日照时数2258.5h，其中林木生长期日照率为49%～54%；全年无霜期自4月20日至10月12日，共216d。

7.1.2 研究方法

由于最早引种的黑核桃非常宝贵，数量有限，而研究林木生长过程又需要用树干解析的方法，因此，1999年1月进行外业调查时，选取的3株解析木为生长在林分中的7年生实生黑核桃平均木，用以进行黑核桃林木生长因子的初步研究。同时，为了更好地说明黑核桃的生长特性，在当地还选取了相同立地条件下生长的核桃楸和核桃解析木进行直径、树高、材积等生长因子的比较。这3个树种的解析木选取要求是生长正常、无病虫害、不断梢的平均木，解析木的基本情况如表7.1所示。此外，为了建立黑桃核的树高与直径之间的相关关系，调查了245株黑核桃测高样木，直径范围为2.10～17.0cm，树高范围为1.98～

10.25m，年龄范围为 3～6 年。

内业量取解析木园盘时，以 1 年为间隔，以 1m 为一个区分段，采用中央断面区分求积式计算解析木各年龄的材积。为了便于今后黑核桃的调查、材积表的编制和林分生长分析，选取具有良好数学性质和生物学意义的舒马克（Schmacher）方程进行黑核桃树高曲线的拟合。

表 7.1　解析木基本情况

解析木号	树　种	年龄/a	胸径/cm	冠幅宽度/m				树高/m
				东	西	南	北	
01	核桃楸	10	11.10	4.30	3.00	2.50	2.00	7.86
02	核桃楸	10	11.80	1.50	2.50	2.50	2.00	8.78
03	核桃楸	9	12.85	3.00	3.00	4.00	4.00	9.60
04	黑核桃	7	12.80	2.00	2.50	2.00	3.50	10.00
05	黑核桃	7	14.40	1.20	3.50	3.00	2.80	9.45
06	黑核桃	7	17.00	4.50	3.10	4.00	2.00	9.80
07	核 桃	19	13.30	3.00	1.90	3.50	2.90	8.70
08	核 桃	16	11.10	1.50	2.00	1.80	2.60	9.30

7.2　黑核桃的生长特性

根据 3 株黑核桃解析木的直径和树高的测量结果并加以平均，得到黑核桃的直径、树高、材积和材积生长率的变化过程（表 7.2）。从表 7.2 可以看出，黑

表 7.2　黑核桃生长过程总表

年龄/a	直径/cm			树高/m			材积/m^3			材积生长率/%
	总生长量	平均生长量	连年生长量	总生长量	平均生长量	连年生长量	总生长量	平均生长量	连年生长量	
1	0.63	0.63		1.70	1.70		0.000 36	0.000 36		
2	2.95	1.48	2.32	4.17	2.09	2.47	0.002 60	0.001 30	0.002 24	622.2
3	5.12	1.72	2.17	5.17	1.72	1.00	0.006 40	0.002 13	0.003 80	146.2
4	6.62	1.66	1.50	6.33	1.58	1.16	0.012 14	0.003 04	0.005 74	89.7
5	8.43	1.69	1.81	7.50	1.50	1.17	0.022 44	0.004 49	0.010 30	84.8
6	10.77	1.80	2.34	9.13	1.52	1.63	0.041 63	0.006 94	0.019 19	85.5
7(去皮)	12.70	1.81	1.93	9.75	1.39	0.62	0.062 74	0.008 96	0.021 11	50.7
7(带皮)	13.90			9.75			0.076 75			

核桃的直径生长在幼年期始终保持良好的生长态势，每年在 2cm 左右，这种早期的快速生长充分说明了该树种对当地自然环境的适应性。在树高生长上，种植后的头 2 或 3 年生长迅速，并很快达到生长高峰，此后树高生长趋于平稳下降。由于直径的近等量生长和树高生长的平稳下降，使得黑核桃的材积生长出现持续高速上升的情形，材积的平均生长量和连年生长量还远未达到数值相等（即林木的数量成熟年龄），所测定 7 年来的材积生长率均大于 50%，更是反映出该树种还具有较大的生长潜力。

7.3　黑核桃、核桃楸、核桃生长特性的比较

为了更好地说明黑核桃早期生长的特性，分别将所采伐的黑核桃、核桃楸和核桃解析木测定结果进行平均，通过直径、树高和材积这 3 个林木重要生长因子比较各树种的早期生长过程。

直径生长

黑核桃、核桃楸和核桃早期直径生长过程的比较结果见表 7.3。由表 7.3 可以看出，黑核桃的直径总生长量明显大于核桃楸和核桃。当年龄为 3～7 年期间，黑核桃的直径比核桃楸大 1 倍，比核桃大 3 倍，从而显示出幼年直径生长非常迅速，其成材期也将比核桃楸和核桃短。

表 7.3　3 个树种的直径生长过程　　（单位：cm）

树种	年龄/a						
	1	2	3	4	5	6	7
黑核桃	0.63	2.95	5.12	6.62	8.43	10.77	12.70
核桃楸		1.17	1.91	3.03	4.85	6.21	7.23
核 桃			0.91	1.55	2.45	2.97	3.35

7.3.1.1　树高生长

黑核桃、核桃楸和核桃早期树高生长过程的比较结果见表 7.4。表 7.4 表明，黑核桃的树高总生长量与直径生长量过程相同，也大于核桃楸和核桃。2～7 年生的黑核桃的高生长要比核桃楸大 2～3m，比核桃更是高出 3～5m 不等，说明黑核桃的早期高生长也极为旺盛。

7.3.1.2　材积生长

黑核桃、核桃楸和核桃早期材积生长过程的比较结果见表 7.5。在计算林木材积的 3 个组成因子中，直径和树高是其中的两个。因此，直径和树高的生长大小将直接影响林木材积的生长量。如前所述，由于年龄相同时黑核桃的直径和树

高生长量均明显大于核桃楸和核桃，所以，在年龄为4～6年时，黑核桃在材积生长上更是大于核桃楸3倍、大于核桃20倍。

通过上述直径、树高、材积生长量的比较，表明引种的黑核桃对洛宁的自然条件具有很强的适应性，可以作为当地或自然条件类似地区发展用材林的优先选择树种。

表7.4　3个树种的树高生长过程　（单位：m）

树种	年龄/a						
	1	2	3	4	5	6	7
黑核桃	1.70	4.17	5.17	6.33	7.50	9.13	9.75
核桃楸	1.00	1.70	2.17	3.33	4.83	5.83	7.17
核桃	0.30	1.30	2.20	2.68	3.33	3.75	4.50

表7.5　3个树种的材积生长过程　（单位：m^3）

树种	年龄/a						
	1	2	3	4	5	6	7
黑核桃	0.000 36	0.002 60	0.006 40	0.012 14	0.022 44	0.041 63	0.062 74
核桃楸	0.000 05	0.000 25	0.000 69	0.002 24	0.005 90	0.010 20	0.015 23
核桃	0.000 01	0.000 04	0.000 18	0.000 50	0.001 15	0.002 07	0.003 04

7.4　核桃树高生长曲线

采用舒马克生长方程来建立黑核桃树高（H）和直径（D）之间的关系式如下：

$$H = 1.3 + a\ \exp(-b/D) \tag{7.1}$$

式中，a、b为待定参数。

根据245株黑核桃测高样木，利用SAS系统软件包拟合树高曲线模型(7.1)，得到黑核桃树高生长曲线的经验方程式（7.2）。

$$H = 1.3 + 13.8575\exp(-7.8432/D) \tag{7.2}$$

方程的相关系数为0.9170，相关程度紧密，表明该模型能很好地描述黑核桃的树高和直径之间的关系。

7.5　结论与讨论

(1) 河南省洛宁县7年生的黑核桃生长研究表明，该树种的直径生长在幼年

期能保持良好的生长速度，在种植后树高生长很快达到高峰再趋于平稳下降，材积则能持续高速生长，并远未达到数量成熟年龄。从当地已有的更大年龄林木生长情况来看，该树种在7年生后的几年内还具有较大的生长潜力。

（2）与当地生长的核桃楸和核桃相比，无论是直径和树高生长，还是材积生长，黑核桃的生长均明显高于同龄的核桃楸和核桃的生长，从而反映出黑核桃早期生长的速生性和对当地自然环境的良好适应性，可作为当地和类似地区的优质造林树种。

（3）舒马克生长方程所建立的黑核桃树高生长曲线经验方程，能反映出该树种早期生长过程中的树高和直径之间的紧密关系，可在森林调查和材积表编制时加以应用。

（4）由于黑核桃解析木的年龄为7年，只能反映该树种的早期生长特性，建议对这些林分继续观测研究，为黑核桃的推广提供更多的基础数据。

参考文献

董凤祥，裴东. 1999. 东部黑核桃（*Juglans nigra*）在美国的栽培利用概况. 世界林业研究，12（6）：55～57

高惠璇等. 1997. SAS系统 SAS/STAT 软件使用手册. 北京：中国统计出版社

李凤日. 1993. 广义 Schumacher 生长方程的推导及应用. 北京林业大学学报，15（3）：148～154

孟宪宇. 1996. 测树学（第二版）. 北京：中国林业出版社. 82～90

裴东，吴燕民，奚声珂. 2000. 美国黑核桃的栽培及在我国的发展前景. 河北林果研究，15（1）：95～100

奚声珂，王哲理，游应天. 1995. 美国核桃、黑核桃引种试验. 林业科学研究，8（3）：285～290

Schumacher. 1939. A new growth curve and its application to timber yield studies. J For，37（10）：819～820

8　美国黑核桃的栽培及在我国的发展前景

黑核桃原产于美国，是美国东部的乡土树种，常被称为东部黑核桃；它属于胡桃科（Juglandaceae）、核桃属（*Juglans*）黑核桃组。在黑核桃组中，目前已栽培的还有北加州黑核桃（*J. hindsii*）、魁核桃（*J. major*）、小果黑核桃（*J. microcarpa*）等，其中，以黑核桃（东部黑核桃）的栽培面积最广，经济价值最高。

1984 年，中国林业科学研究院林业科学研究所在林业部种苗总站的支持下，与河南省洛宁县林业局协作，分别在河南省和北京市建立了黑核桃引种试验点，引进了黑核桃组的 5 个树种、10 个品种，并进行了初步引种试验，结果令人满意。1996 年国家将黑核桃列为首批重点引进项目，在北京、河南、山西等地设立了种源、品种试区，吉林、新疆、陕西、宁夏、河北、山东、江苏、贵州和江西等地也已引种试栽，这为黑核桃在我国的推广和发展奠定了良好的基础。

8.1　美国黑核桃的分布和生长特性

黑核桃为温带落叶阔叶树种，其自然分布于美国的东部和中西部地区，分布区涵盖 24 个州（北纬 30°～40°和东经 75°～100°），4～8 个气候区。因此，形成了多种生态类型，既能分布在生长季 140d、一月最低气温达－31～－6℃的寒冷地带，也能生长在生长季长达 280d 的南部地区。黑核桃自然分布区内的年降水量，从北部内布拉斯加州的 635mm 到南部阿巴拉契亚山脉的 1778mm；分布区东南部为 1000mm，西南和中北为 580mm。

黑核桃的自然分布区主要属于北美洲森林植物带的中部阔叶林区，具大陆性气候特点，年均温 8～13℃，年降水量 762～1143mm，纬度地带性和经度地带性均明显，夏末可能有 4～6 周的干旱期。林区内的自然地理区域包括内陆低高原、中央低地、奥克萨高原和威斯康星州的无冰碛地区。土壤盐基饱和度处于中高水平，风化层厚度 100～130cm，黏土层厚度 30cm，密西西比河与密苏里河邻近的土壤母质为黄土，内陆低高原为残积土，大多数为淋溶土。

黑核桃为生长速度中等的落叶乔木，树高可达 40m 以上；花期随分布区由南向北为 4～6 月，雌雄同株异花，一年生枝顶端结果，并以树冠外围结果为主，因此，增加树冠表面积或提高新枝数量可增加潜在成花部位。实生黑核桃 6～8 年开始结果，20～30 年进入盛果期，结果年龄在 100 年以上；嫁接树 2 或 3 年即可挂果，坚果的出仁率一般在 20%～30%，优良品种可达 38%；黑核桃的成

材期为 40～100 年。

黑核桃是一个不耐阴树种，如将耐阴性分为 5 级（极耐阴、耐阴、中等耐阴、不耐阴、极不耐阴），黑核桃属于第四级——不耐阴树种；但它比颤杨、三角叶杨和刺槐要耐阴。黑核桃与其分布区内的树种比较，属于耐旱树种；在耐渍方面，属于弱度耐渍树种，其耐渍性低于洋白腊和悬铃木。黑核桃的枝、叶和根都分泌核桃醌，这类物质对与其混生的乔灌木和草本植物都有毒害作用，但大豆的耐受力较强，羊茅不怕核桃醌的毒害。黑核桃可在 pH 值为 4.6～8.2 的各种土壤上生长，但以中性-微碱性土壤生长最好。在土层深厚（>100cm）、排水良好、中等湿润、肥沃的土壤上生长最好。黑核桃不适于在有厚的黏质间层和土层浅薄的土壤上生长。怕早晚霜危害，尤其是幼树，容易引起抽梢条。

8.2 美国黑核桃栽培中的关键技术环节

8.2.1 适宜立地的选择是栽培成败的关键

8.2.1.1 土壤质地

黑核桃适生于壤土、粉沙壤土、沙壤土、沙质黏土和细沙壤土。土体上下的质地应尽可能相同，一般心土为粗沙、砾石层或土壤的有效深度小于 90cm 时，不宜发展黑核桃。

8.2.1.2 土层厚度

黑核桃主根发达，在排水良好的土壤上，主根一年可向下延伸 120cm，三年根深达 270cm，因此，种植区的土层厚度不应小于 90cm，理想的土层深度大于 150cm。心土层土壤的理化性质明显影响黑核桃的生长。潜育层出现的深度不应小于 90cm；心土黏重、过酸（pH 值<4）应避免种植黑核桃；心土为粉沙质石灰性土壤仍适合黑核桃生长。

8.2.1.3 土壤排水

土壤具有均匀的黄棕色或淡红棕色，分布在 0～90cm 或 90cm 以下时，证明土壤排水良好。排水不良的土壤出现潜育层，土层呈现均匀的灰色或出现灰褐色、蓝色、暗黄棕色斑点，不适合种植黑核桃。

总之，经营者多选择土层深厚、排水良好的河床地，红棕色土壤，或选择下层无灰黏层的石灰性土壤，土层厚度不小于 90cm。

8.2.2 苗木的准备和定植是栽培的基础

植苗造林是发展黑核桃的主要方式。强调使用当地种源的种子育苗，或采用向南小于 300km 的种源。经过遗传改良的种子，目前还不能用于大面积造林。虽然也使用过大苗和容器苗造林，但普遍采用的是 0～1 年生播种苗，苗高 20～60cm，主根修剪到 20～25cm，侧根修剪到 5～10cm。植深超过根颈 1.2cm。苗

木应严格选择，剔除弯曲、损伤、根腐或虫害苗木。优良的苗木具有健康的外表，独干和发育良好的根系，具有7～9个一级侧根。

种植黑核桃的目的是生产优质木材或生产坚果。随经营目的不同，造林密度多为3m×3m、3m×4m、4m×4m，极端密度为1.5m×1.5m和6m×6m。以生产木材为目的，应增加密度，以促进通直的树干生长，通过多次疏伐获得更大的遗传增益。稀植树干低矮、树冠大、结果多，但木材价格也低。

8.2.3 混交和间作有利于黑核桃生长

混交的好处是促进黑核桃种植园迅速形成林冠覆盖，增加遮阴，抑制杂草，促进黑核桃高生长。欧洲桤木是最早被发现适用于混交的树种，可隔行或隔株混交，1.5m×3.0m的密度混交可维持25年。桤木为黑核桃遮阴、防风、固氮，形成类似森林的条件；25年后桤木受到遮阴和核桃醌的毒害而死亡。油橄榄与黑核桃混交早期可促进黑核桃的生长，间作10年后，油橄榄受黑核桃的抑制而死亡。乔松被认为是与黑核桃混交最适宜的树种，它虽没有固氮作用，但生长茂密、高大，具有遮阴和周年防风作用，松针覆盖地面保湿、抑草，乔松最后也受核桃醌抑制而死亡。

建园初期在黑核桃行间间作一年生或多年生草本植物可防止侵蚀，维持土壤的通气和透水性，提供黑核桃根生长的孔道。草本植物覆盖与黑核桃争夺水分养分，会降低黑核桃生长。但这些草本植物存在，可防止其他草本植物的侵入，如羊茅。

作为一种经营方式，黑核桃的农林间作从20世纪70年代开始受到美国经营者的重视。它是一种永续土地经营和土地资源保护的措施。黑核桃农林间作用于改变土地退化，保护敏感土地，增加农场产品。黑核桃与农作物间作可以防风，在河边地形成缓冲地带，森林牧场和廊状农林复合经营，株行距为3m×12m，每公顷定植180～195株，通过间伐最后选出60～75株/hm^2。间作维持10年以上。

8.2.4 正确的修剪可以培育出优质木材

黑核桃的侧枝一般不会因侧方遮阴而被清除。侧枝是造成木材缺陷的主要原因。修枝是短期内获得优质木材的一种手段。当树高长到0.9～1.2m时，开始修去1或2个侧枝。幼树的活树冠至少应达到树高的1/2。当树高达到3～4m时，修去树高40%～50%的下部侧枝。一次修剪量不能超过活树冠的25%。当多个侧枝挤在一起时，每次只能修去1或2个，待伤口愈合后，再修除余下的枝条。通常先修除极下部的枝条，以后定期向上修去侧枝，直至所需的清干高度为止。修去枝条的基径一般不应超过2.5cm，如果基径大于5cm时伤口愈合很慢。所以，应经常修枝，并尽可能保留树冠中的小侧枝，以保证活树冠的长度和树木

生长。

黑核桃受到霜害、化学伤害、虫害或机械伤害后，两到三周即可萌生几个新枝，应尽快进行扶正修剪，选留一个朝上生长的枝条。纠正多头现象可采取捆扎修剪法，春季开始发芽前将多头枝拉到一起，使选留的主枝垂直向上，用宽度为2.5cm的遮蔽带缠住多头枝条，缠绕的宽度达其直径的3～6倍，除去其余的多头枝，2～3个月后形成单独向上的枝头。

修去活枝应在春季刚要萌发时进行，这样伤口不致变色或生成不正常的木材。死枝或活桩可在年内任何时间修剪。在幼树不太高时，耕作或喷药会碰伤侧枝，撕裂苗干。为耕作方便并保护幼树，建议采用留8～10cm活桩修剪法，活桩生长量很少，其上形成的新枝使树冠平衡，一旦碰伤不至于影响到树干。

修枝切口的具体部位可用“自然指标法”确定。上位切口刚好位于枝皮桥的外侧（即靠近树干的一侧）；下位切口位于被切枝条与枝颈相遇的部位。这样可避免切到枝皮桥的后部，避免出现活桩，避免切入枝颈部分。

8.2.5 黑核桃种植园需要定期疏伐

疏伐是一个选优过程，疏伐改善保留树的营养空间，促进其生长。疏伐的开始时间决定于相邻个体间对营养空间的竞争程度。一个有效的确定疏伐时间的指标是树冠竞争指数（CCF），它反映了该林分的相对最大可用生长空间指标。树冠竞争指数计算的依据是黑核桃胸径和树冠面积之间的相关关系。对一个林分来说，树冠竞争指数是所有树木的最大潜在树冠总面积，被树木所占总面积去除。因此当一个林分的平均树冠竞争指数为100时是其所需的最大生长空间。如果已知林地面积、株数和平均胸径即可用下式计算其树冠竞争指数值。据此编制了黑核桃的疏伐表。CCF的计算公式如下：

$$\text{CCF}=\text{总株数}\times 3.1416\times(2.532\times\text{胸径}+2.436)^2/(17\,627.8\times\text{总公顷数})$$

式中，胸径单位为cm。

为保证林木的充分生长，当树冠竞争指数达到100时，便要疏伐，树冠竞争指数从100开始每增加10，生长速度减少4%～5%。通常当树冠竞争指数值达到110～150时进行疏伐。

从生物学观点讲，疏伐强度应是轻度疏伐，但实践上则以每次伐去1/3，使林分达到接近最大生长量指标。进行疏伐之前首先要选留“收获树”，对生产木材的收获树，选择树干通直、下部树干没有节疤、具有较小的水平侧枝、生长快的单株。生产干果的“收获树”应当连续观测几年的坚果产量，记录产量好的树木以供选择。

8.3 黑核桃在我国的发展前景

8.3.1 黑核桃有望成为我国农用林业的主要硬阔树种之一

黑核桃是世界公认的最佳硬阔树种之一，其木材结构紧密、力学强度较高、纹理色泽美观，是优良的家具和胶合板用材，在欧美已成为建筑装饰中高雅富贵的象征。由于黑核桃木材消耗量较大，而其原产国美国的资源不足，出口量逐年减少，从而使其价格高于其他硬阔树种，美国 1995 年曾以 1 株（直径 60cm）3 万美元的价格出售。欧盟也把发展材用型核桃作为 20 世纪末及其后林业发展的重点，以法国为首，意大利、德国等 5 国参加的材用型核桃（核桃与黑核桃种间杂种）攻关项目正在进行之中。

黑核桃在生产木材的同时，自栽后 6 年开始生产坚果（高接树第二年即可结实），坚果的果仁营养丰富（含蛋白质 28%、脂肪 52%）、风味浓香，可生食、烤食，广泛用于冰淇淋、糖果、点心的配料和风味添加剂。在美国，黑桃核仁每千克售价 16 美元，高出核桃仁 4 倍以上；其市场的需求量约为 9 亿 kg，而目前的产量远不能满足要求。黑核桃的种皮（坚果壳）被碾成不同直径的颗粒后，因具有适中的硬度、弹性、无毒、无粉尘等特点，可广泛用于金属抛光、机械清洗及化妆品（洗面乳、牙膏等）。在加工黑核桃坚果时，获得的核仁与壳粉的产值相等。坚果生产可以增加早期收入，达到以短养长的目的。

我国人多地少，不可能占用大量好地进行造林。长期以来传统的林粮间作与现代林业生态理论及先进的造林技术相结合，创造了举世瞩目的现代农用林业体系，但存在树种单一、产值低等问题。黑核桃为果材兼优树种，可以短养长，提高农用林业的产值，以 40～60 年为轮伐期，每株平均总产坚果约 2000～3000kg，产值 3 万～4 万元，单株木材产值 0.8 万～1.2 万元，其经济效益为杨树的 20 倍。同时黑核桃的生长速度快于我国的核桃楸，适生区也较核桃楸广。因此建立大面积黑核桃农用林，可以在一定程度上缓解我国木材工业上面临的胶合板材短缺的问题。

8.3.2 丰富我国核桃砧木资源，促进我国核桃生产

200 年前美国从欧洲引入了核桃树，20 世纪 70 年代后，美国已发展成为世界核桃的主产国，其高产园每公顷可达 7500kg，不论是单产、总产还是质量均居世界第一，它成功的原因之一就是采用了当地的黑核桃组的树种或核桃与魁核桃种间杂种——奇异核桃作砧木，克服了产地土壤蜜环菌根腐、疫霉属根颈腐、树干溃疡和根结线虫等病虫害，也解决了土壤黏重和盐碱等问题；同时在提高嫁接成活率等方面做出了一定贡献。

目前我国核桃生产水平较低，以实生树栽培为主，产量低，品质差。从 20

世纪 80 年代开始注意无性繁殖新品种，曾利用核桃楸或枫杨作砧木，但山东、江苏、湖南、浙江等地的试验表明，它们的亲和力和接后的长势都不理想；利用核桃本砧，目前最为理想，但易遭根腐、根颈腐和根结线虫的危害，耐寒、抗盐碱、经济价值等方面不如黑核桃，尤其是奇异核桃和小黑核桃对干旱瘠薄山地和盐碱地有较强的适应能力。在洛宁县山地试验，用小黑核桃作砧木嫁接黑核桃良种，第二年普遍结果，最多单株采收 76 个坚果；另外用黑核桃或奇异核桃作砧木嫁接的核桃普遍表现出生长势旺、抗性强等特点。因此，采用黑核桃作砧木大力发展核桃良种嫁接技术，能从根本上解决我国核桃生产的落后局面，促进核桃生产持续稳步发展，丰富我国核桃砧木资源，促进我国核桃生产。

8.3.3 黑核桃在“三北”地区极具推广价值

黑核桃在北方比核桃有较广泛的适应性，抗寒类型可耐－43°C 的低温，1992 年至今，乌鲁木齐市所栽的魁核桃、黑核桃、奇异核桃实生苗均未发生冻害或抽条等现象；黑核桃喜土层深厚，实生苗第一年主根可达 1.3m，3 年可长达 9m，但是极端干旱对黑核桃生长结实不利，这样在黄河中上游的黄土区，采用滴灌方法栽植黑核桃，将使生态效益、社会效益和经济效益获得最佳结合。

参考文献

林业部华东林业调查规划设计院. 1990. 林业手册. 国际文化出版公司. 2～11

麦克丹尼尔斯. 1990. 坚果栽培. 朱金兆等译. 北京：中国林业出版社. 65～71

奚声珂. 1995. 美国核桃、黑核桃引种试验. 林业科学研究，8 (3)：285～290

Bob Chennoweth. 1997. Importance of site selection for black walnut planting. Proceeding of the Fifth Black Walnut Symposium. 146～147

Bryan Clark F. 1973. Culture: past, present and future. Walnut Council-Southern Illinois University-USDA. Forest Service. 30～32

Calvin F. 1973. Growth of black walnut trees in eight midwestern states a provennace test. North central forest experiment station. 1～7

Craig K Losche. 1973. Selecting the best available soils. Walnut Council-Southern Illinois University-USDA. Forest Service. 33～35

Danny McBride F, Van Sambeek J W. 1997. Response of black walnut to preplant subsoiling and repeated chemical control of tall fescue. Proceeding of the Fifth Black Walnut Symposium. 120

Felix Ponder Jr. 1982. Some guiding for selecting black walnut planting sites. Black walnut for future. 69～72

Felix Ponder Jr. 1989. Evaluating and selecting sites for black walnut planting. Proceeding of the Fourth Black Walnut Symposium. 30～33

Garrett H E, Jonesand J E, Slusher J P. 1989. Integrated forestry-farming (agroforestry) with eastern black walnut a case study. Proceeding of the Fourth Black Walnut Symposium. 248～259

Gary G Naughton. 1982. The walnut council in perspective. Black walnut for future. 1～3

Hugh B Pence, Judy A Pence. 1997. Alley cropping corn to establish black walnut in Indiana. Proceeding of

the Fifth Black Walnut Symposium. 201～202

Ian A Neave, Jeffrey O Dawson. 1989. JUGLONE: Effects on blackalder physiology and its detoxification in soil. Proceeding of the Fourth Black Walnut Symposium. 182～192

John R Stefert. 1997. Chemical weed control before and afterplanting walnut. Proceeding of the Fifth Black Walnut Symposium. 112～119

Jones-J E et al. 1989. Production, harvesting, utilization of eastern black walnut nutsan industrial viewpoint. In: Continuing quest for quality: Proceedings of the Fourth Black Walnut Symposium Held at Southern Illinois University. Walnut Council. Indianapolis, Indiana. 242～247

Pope P E, Holt H A, Chaney W R. 1982. Interaction of nitrogen fertilization and chemical weed control on forth year volume growth of a black walnut plantation. Black walnut for future. 105～109

Richard C Schlesinger. 1982. Pruning for quality. Black walnut for future. 87～91

Richard C Schlesinger. 1989. Thinning and pruning for quality. Proceeding of the Fourth Black Walnut Symposium. 93～102

Rietveld W J. 1982. The significance of allelopathy in black walnut cultural systems. Black walnut for future. 73～86

Robert A Cecich. 1989. Flowering-what we do and mostly don't know. Proceeding of the Fourth Black Walnut Symposium. 237～241

Robert D Burke. 1973. Establishment and early culture of plantations. Walnut Council-Southern Illinois University -USDA. Forest Service. 36～41

Robert D Burke. 1989. Establishment and early culture of walnut plantations. Proceeding of the Fourth Black Walnut Symposium. 67～77

Robert D Burke, Stephen G Pennington. 1997. Establishment and early culture of walnut plantations a 37 year experience. Proceeding of the Fifth black walnut symposium. 157～163

Robert D Willias. 1982. Black walnut seed: from tree to seedling. Black walnut for future. 114～117

Robert E Phares. 1973. Managing immature trees for more high-quality logs and related production. Walnut Council-Southern Illinois University -USDA. Forest Service. 49～54

Shibu Jose, Tamara Benjamin, Tyra Stall et al. 1997. Biology and economics of a black walnut-corn alley cropping system. Proceeding of the Fifth Black Walnut Symposium. 203～208

Slusher John P. 1989. Managment of mixed hardwood stands for optimum walnut growth and quality. Proceeding of the Fourth Black Walnut Symposium. 84～92

Southwest Missouri State University et al. 76th Annual Report of The Northern Nut Growers Association. 20～22, 40～46, 68～73

Van Sambeek J W. 1989. Vegetation management in established stands. Proceeding of the Fourth Black Walnut Symposium. 114～123

Von Althen F W. 1989. Effect of weed control and irrigation on 7-and 8-year growth of planted black walnut. Proceeding of the Fourth Black Walnut Symposium. 103～113

Warren Giles Boyette. 1973. Tree culture in the southeast. Walnut Council-Southern Illinois University -USDA. Forest Service. 55～58

9 良种大枣嫩枝扦插育苗技术

枣（*Zizyphus jujuba* Mill.）原产我国，是我国第一大干果树种，至今已有3000多年的栽培历史。我国现有枣树面积46.67万hm^2，分布在除黑龙江、吉林之外的各个省（自治区），但由于长期以来的粗放管理，品种混杂退化，老弱病树所占比重较大，使每年全国的鲜枣产量仅为70万～80万t，因此，要发展枣树生产，必须加速老树更新和良种化进程的步伐。

近些年全国许多地区都开展了新品种的选育工作，在原有农家地方品种中选育出许多优质、丰产、抗逆、耐储的优良类型；另外随着枣树基地建设的发展，各地都加大了优质苗木繁育力度，尤其在育苗方法上由嫁接育苗、归圃育苗代替了传统的分株育苗；20世纪80年代以后，又开展了枣树组织培养的研究，除去了危害枣树正常生长及致使品种退化的几种主要病毒。

绿枝扦插是枣树良种繁育的重要途径之一。枣树绿枝扦插的成功，不仅能使优良品种的品质完善地保存，而且还会为根段繁殖提供自根苗，但以往这方面的研究很少，成效不高，特别是研究结果尚不能为生产所采用。为此我们开展了目前生产上，特别是我国西部开发急需的苹果枣（冬枣）、梨枣、桐柏大枣和赞皇大枣等优良品种枣树嫩枝扦插育苗及壮苗技术研究，解决了扦插技术中的几个主要问题，使扦插成活率达到95%以上，并在生产中广泛应用，河南省洛宁县2001年良种大枣扦插育苗的归圃量在100万株以上。

9.1 材料和方法

9.1.1 插穗的来源和处理

9.1.1.1 插穗的来源

插穗材料来源于5年生脱毒的枣采穗圃。扦插品种有：苹果枣、梨枣、桐柏大枣和赞皇大枣。插穗的类型为：枣头（粗度为0.3～0.6cm）、永久性二次枝（粗度为0.2～0.4cm），插穗长度为15～30cm。

9.1.1.2 插穗的处理

无论是枣头还是二次枝，在剪取时均使下剪口落在半木质化部位，中上部叶片部分保留，剪除基部3～5cm内的叶片，剪取的插穗立即放入水中，严防失水，插前先用25%多菌灵800倍浸泡基部30min，然后再用NAA、IAA等生长调节剂进行速蘸处理。

9.1.2 扦插设施及插床基质

扦插设施为塑料温棚，温棚跨度 8m，长度根据生产需要而定，采用自动喷雾装置，控制系统为水分控制仪和干湿感应器。喷头为直径 2mm 微雾喷头，水源为生活自来水，并加装了水塔，以备停水使用。

插床基质采用河沙和营养土混合基质，混合比例 2∶1，基质铺设厚度 20cm，扦插前用 0.5%的高锰酸钾溶液消毒处理。

9.1.3 扦插及插后管理

用粗 0.4cm 的木棒在基质上打眼，随之将插穗插入眼内，并用手指压实，边插边喷水，保持插穗叶片湿润不萎蔫。扦插深度 2～3cm，密度一般为 4cm×8cm，插后及时遮光（透光率 70%）喷水，插棚内温度不得高于 35℃，空气相对湿度不低于 90%，基质含水量 10%～15%，每隔 2～3d 检查一次基质含水量，若小于 10%则加大喷水量，若大于 15%则减少喷水量，但此时叶片仍要保持有一层水膜。

9.1.4 苗木移栽

插后 1 个月，当根系长到 6～8cm 以上，根基部变褐色开始木质化时进行移植。方法是先每天早晨和傍晚控制喷水量，使叶片干燥时间逐渐延长，之后打开部分温棚上的塑料布，并逐渐延长透风时间，约 10～15d 掀去塑料布，在傍晚或阴天移入大田，浇透水，每隔 10～15d 施尿素并浇水，连续 3 次。

9.2 结果与分析

9.2.1 插穗的类型与生根的关系

枣树是较难生根树种，它难以生根的因素是复杂的，但采条母树的生理状况及枝条的营养条件是影响生根的主要因素。为试验插条质量对生根的影响，我们在 1995 年 6 月中旬进行扦插试验。试验时将采集的枝条分梢部、中部和基部三部分进行分类剪取：每一部分剪插条 200 根，用 IBA 和 NAA 的等量混合液 1000mg/kg 速蘸处理。1 个月后（7 月中旬）调查成活率。

由表 9.1 可以看出，枝条不同部位扦插生根率差异明显，幼嫩多汁的梢部插条易腐烂、生根率低，且生根质量差。扦插时应尽量选用生理成熟度较好的枝条或枝条的中下部木质化程度较高的枝条，避免采用未木质化的幼嫩多汁的嫩枝或枝条的梢部。

[redacted]

调查项目	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
生根率/%	73.9	84.2	8.7
愈伤率/%	76.1	86.3	10.1
腐烂率/%	21.7	13.1	82.2
愈伤组织形成期/d	5	5	5
开始生根期/d	16	14	14

注：Ⅰ指枝条的基部插穗，Ⅱ指枝条的中部插穗，Ⅲ指枝条的梢头插穗

9.2.2 生长调节剂处理与生根的关系

插条能够生根是插条内源生长素及生根促进物质等一系列因素共同作用的结果，其中，内源生长素是影响生根的基本因子。在生产实践中，为促进插条生根率的提高，常用生长调节剂处理插条。为验证外源生长素对插条生根的影响，我们在 1995 年 7 月进行了扦插试验。试验设计：①清水对照；②200mg/kg IBA 和 NAA 混合液浸 30min；③500mg/kg IBA 和 NAA 混合液浸 30min；④1000 mg/kg IBA 和 NAA 混合液浸 5s；⑤2000mg/kg IBA 和 NAA 混合液浸 5s。插条选用半木质化的枣头一次枝和枣头二次枝两种。扦插时以扦插池为单元，每个扦插池为一个小区，按照以上两种插条的 5 种处理，随机区组，并重复 3 次，1 个月后（8 月）在每个小区同一区位抽取 $1m^2$ 调查成活率。

从表 9.2 和表 9.3 可以看出，在不同生长素配方处理后，插条的生根率变化明显，通过外源生长素的处理，插条的生根率明显提高。通过对生根状况的直观观察也发现，外源生长素处理后，插条生根数量和质量也比较高，不用生长素处理的插条，往往在插条下剪口处长出一条独根，而通过外源生长素的处理，插条的生根数都在 5 条以上，且根系分布均匀，由表 9.2 和表 9.3 还可以看出，用高浓度的生长素处理比用低浓度生根率要高，这主要是因为：在本试验中，激素是用 98%的乙醇溶解的，长时间的浸泡，乙醇对插条下切口处组织的杀伤也造成生根率下降。

表 9.2 枣头枝不同配方的生根率

区组	不同配方的生根率/%

表 9.3　枣头二次枝不同配方生根率

区组	不同配方的生根率/%				
	①	②	③	④	⑤
Ⅰ	86.3	87.3	89.0	93.7	94.1
Ⅱ	87.7	89.7	93.7	90.2	95.7
Ⅲ	86.3	90.3	91.8	89.7	92.4
总和	260.3	267.3	274.5	273.6	282.2
平均	86.8	89.1	91.5	91.2	94.1

由试验还发现，不论采用哪种处理方法，二次枝比枣头枝的生根率都高。我们分析认为：内源生长素是由幼叶和活动的芽子产生并向下运输的，二次枝和枣头枝由于所处的生理部位不同，造成了两种插条内源生长素含量的差别而影响了生根率，但通过外源生长素的处理，能弥补内源生长素的差别，进而缩小生根率差异。此时出现生根率差异，应是插条营养条件的差异造成的。二次枝插条比枣头枝插条上的叶片组织幼嫩、叶片多、保留的也多，因而在扦插过程中制造的营养物质也多，促进了二次枝插条生根率的提高。为验证上述分析，在 1996 年 7 月上旬，我们进行扦插试验，方法是：将枣头插条和二次枝插条件取同样长度，并保留大致相等的叶片面积，分①清水处理；②500mg/kg IBA 和 NAA 混合液浸 30mm；③2000mg/kg IBA 和 NAA 混合液速蘸 5s 3 种处理。随机区组扦插，重复 3 次，1 个月后调查成活率。

表 9.4　二次枝和枣头枝扦插生根对比

区组	枣头枝生根率/%			二次枝生根率/%		
	①	②	③	①	②	③
Ⅰ	75.3	85.9	89.3	75.2	85.6	91.3
Ⅱ	75.8	86.0	89.7	76.9	86.4	90.1
Ⅲ	73.3	85.4	91.5	76.3	86.2	89.9
总和	224.4	257.3	270.5	228.4	258.2	271.3
平均	74.8	85.8	90.2	76.1	86.1	90.4

从表 9.4 可以看出，采用减小二次枝插条叶片面积的方法，缩小了二次枝插条和枣头枝插条的生根率差异，从而验证了上述的分析，说明在大枣嫩枝扦插中，尽可能多的保留有效叶面积，是提高扦插生根率的有效办法。

9.2.3　扦插时期对生长的影响

枣树嫩枝扦插的适宜时间为 6～8 月，5 月以前枣树枝条正处于旺盛生长期，

组织幼嫩，气温也低，此时不宜进行嫩枝插。待6月，气温逐渐升高，枝条已部分木质化时进行。此时扦插随气温升高，插条生根也逐渐加快，一般插后1周即有愈伤组织产生，2周后开始生新根，3周后达到生根高峰，1月后就可炼苗移栽。8月下旬以后，枣树枝条丰富，木质化程度较高，但此时气温逐渐下降，插后生根缓慢，生根率也低。通过多次试验我们得出：枣树扦插最适宜的季节为6～7月。

9.3 结　论

(1) 枣头、永久性二次枝是枣树绿枝扦插的良好扦插材料。

(2) 脱毒苹果枣经过生长调节剂处理，显著提高了生根率及生根的数量和质量。通过几种不同的生长素配方试验发现，以IBA和NAA混合液2000mg/kg速蘸为好。

(3) 6～8月温度较高，插穗中基础营养丰富，生根率高，是一年中枣树绿枝扦插最适宜的时期。

(4) 母株的生理状况和插条的营养条件对扦插生根的影响是明显的。因此，在生产中应尽量选取生长健壮、生理幼化的母树采集枝条，并剪取枝条的中、下部作插条，以提高扦插的成活率。

(5) 插条上有效叶面积的大小是影响扦插生根的主要因素。因此，在扦插时尽可能多地保留插条上有效叶的数量，以提高扦插成活率。

参考文献

陈志刚，王苏龙，朱锦红. 2000. 枣树全光喷雾扦插育苗技术. 山西林业，(5)：21～22
戴秀锦，王靖. 2002. 枣树嫩枝扦插育苗试验. 林业科技开发，16 (1)：24～26
董辰波，牟元尧，刘涌涛等. 2001. 冬枣弓棚绿枝扦插育苗技术. 河北果树，(2)：39～40
韩林，蔡玉勇. 2001. 鲁北冬枣的全光喷雾嫩枝扦插育苗技术. 山西果树，(3)：41～42
来锡福，李柏春，王多文等. 1995. 枣树绿枝扦插试验研究. 甘肃林业科技，(4)：1～4
黎桂阳，甄一鸣. 2001. 枣树的快速繁育技术——全光照间歇喷雾绿枝扦插. 河南农业，(4)：21
李云，王宇，田砚亭等. 2000. 枣树嫩枝扦插技术研究现状. 河北林果研究，15 (4)：373～379
史玉群. 1998. 枣树嫩枝扦插育苗新技术. 北方果树，(4)：20～29
孙浩元，续九如. 2001. 金丝小枣扦插繁殖及其生理机制研究. 果树学报，18 (6)：333～336
孙世正，代美君，李文林等. 1996. 脱毒冬枣嫩枝扦插育苗试验. 河北果树，(1)：32～33
孙世正，姜云君，贾宝三等. 1996. 全光弥雾脱毒冬枣嫩枝扦插育苗技术. 林业科技通讯，(12)：37
同金霞，李新岗，王鸿哲. 1997. 枣树全光照喷雾嫩枝扦插育苗技术. 陕西林业科技，(3)：74～77
王玉龙. 2001. 枣树嫩枝扦插育苗技术试验与推广前景展望. 经济林研究，19 (3)：45～60
卫发兴，杜新林. 1998. 枣树嫩枝扦插育苗及丰产栽培技术. 林业科技，23 (3)：4～6
颜廷云，孔祥海. 2001. 枣树绿枝扦插试验. 中国果树，(5)：53～54
尹立府，吕志建，宋海荣. 1997. 枣树遮荫塑料小拱棚嫩枝扦插技术. 河北果树，(2)：32～33

袁霞，郭建和，王春雷. 2003. 枣树硬枝扦插育苗. 林业实用技术，(2)：30
张华. 2002. 圆铃枣嫩枝扦插繁育技术研究. 落叶果树，(1)：3～5
郑先武，田砚亭. 1995. 金丝小枣插条中外源激素与内源激素的关系. 北京林业大学学报，17（4）：44～49
朱其增，褚庆乐. 1993. 冬枣绿枝扦插试验研究. 林业科技通讯，(8)：27～28

10 3个品种枣嫩枝扦插生根能力的比较研究

枣树为扦插较难生根的树种，常规育苗技术为根蘖育苗和嫁接育苗，育苗周期长、成本高，不能满足生产需要。为此，2001年我们在河南省洛宁县，采用拱棚自动间歇喷雾嫩枝扦插育苗技术，开展了目前生产上，特别是我国西部开发中亟需的梨枣、苹果枣和黄骅冬枣等优良品种枣树嫩枝扦插育苗及壮苗技术培育研究，解决了扦插技术中的几个重要环节，使插穗生根率达到100%，移栽成活率达到84%，并在生产中广泛应用。

10.1 材料和方法

10.1.1 扦插材料

10.1.1.1 插穗及母树选择

分别从脱毒5年生枣采穗圃中的梨枣、苹果枣和黄骅冬枣树上采集当年萌生的、皮色鲜绿、生长健壮、无病虫害的枣头及永久性二次枝作插穗。

10.1.1.2 插穗的采集及处理

插穗一般在清晨8点以前进行剪取，然后在阴凉处将插条剪截成长度为15～25cm，粗度枣头为0.3～0.8cm，永久性二次枝为0.2～0.5cm。每个插条保证有3或4个枣吊。保留上部叶片，去掉下切口以上4～5cm左右的叶片，以免影响扦插。剪好的插条50根为一捆，插前先在25%的800倍多菌灵液中浸泡20～30min，充分消毒后，再拿出插条朝下竖放在铺有湿麻袋的地上，将切口水分晾干，大约需要20min，待切口明显发白后，将插条基部3～5cm放入500mg/kg IBA＋（20～30）mg/kg NAA的混合生长调节剂进行速蘸3～5s处理。

10.1.2 插床准备

10.1.2.1 扦插基质

将生黄土、牛粪和锯末按照为1∶1∶1的比例充分混合均匀，吸足水后覆膜1.5～2m，让基质充分发酵腐熟作为营养土，插前用0.4%～0.5%的高锰酸钾溶液喷洒消毒处理。

10.1.2.2 扦插设施

插床建在地势较高，背风向阳，接近水源的地方，选长度50～60m、宽度8～10m、面积为400～600m² 的地块，四周砌砖，水泥黏合，留水自由排出通道。床内一般南北向作畦，畦内缘净宽150cm、畦外缘30cm、畦深15cm。畦与

畦间距 60～80cm，也可以两畦相连，中间走人。床高 40cm，床内下层铺 10cm 厚的小石子，中层铺 10cm 厚的炉灰渣，上层铺 20cm 厚混合比例为 2∶1 的细河沙和腐熟的营养土混合基质。

扦插设施为塑料温棚，采用自动间歇喷雾控制仪、黑色输水管道、喷杆及喷头、单相或三相水泵。喷头间距 80cm，一般一个三相水泵可供 120 个喷头同时喷水，一个单相水泵可供 80 个喷头喷水。棚外建好容量为 6～8m^3 的蓄水池以供抽水。微喷设施安装调试好后，即可进行喷水，待基质湿度达到“握手成团，松手分块”时，即可扦插。

10.1.3 扦插及管理

扦插时间为 6 月中旬至 8 月上旬。扦插的株行距控制在 4cm×6cm 为宜，深度 3～4cm。扦插时叶片正面朝南，尽量直向下插。扦插期间不断喷水，使叶面一直持有膜状水。

扦插完成后立即启动喷雾装置，喷雾控制仪可根据叶面的干湿情况自动控制喷雾，光照强度愈高喷雾间隔时间愈短，使插棚内温度保持在 20～30℃，空气相对湿度 90%以上。清晨和黄昏光弱喷雾很少，晚上自动停止喷雾，这时应启动控制仪的定时喷雾开关，每 0.5h 喷雾一次，每次喷雾时间在 20～30s，保证插穗在夜间不失水。如启动控制仪的定时喷雾键进行全天喷雾工作，可人为调整，只要定好时间可自动定时喷雾，如 8～10 时每 10min 左右喷一次，10～12 时每 5min 喷 1 次，12～14 时每 2min 喷 1 次，14 时以后逐渐减少喷雾次数。白天每次喷雾不要超过 60s，生根后可逐渐减少喷雾次数。

每周在傍晚停水后喷一次 800 倍 40%的多菌灵，以防插穗腐烂。在幼虫危害期喷一次 0.2%的尿素。枣树嫩枝扦插育苗在弥雾条件下是先生根再发芽，一般扦插 7～10d 后开始产生愈伤，12～15d 左右生出根来，20d 后达到生根高峰，30d 后应基本停止喷水或只在中午喷透水 1 次，炼苗 5～7d 准备移栽。

10.1.4 苗木移栽

插后 1 个月，当苗木根系普遍长到 4～6cm 以上时开始移栽。移栽前先作畦，提前用 0.4%～0.5%高锰酸钾消毒。苗畦南北走向，一般宽 1.2m，每畦开 4 条沟，间距 30cm，株行距 15cm×30cm，栽植时间应选在阴天或傍晚进行。栽时随起苗、随分级、随蘸泥浆、随栽植、随浇水，再轻覆细土，并扶正苗；栽后立即灌透水 1 次，之后第五天、第十天各浇 1 次水，栽后 10d 喷一次 0.3%尿素，此后转入正常管理。

10.2 结果与分析

10.2.1 不同品种对插穗生根的影响

10.2.1.1 生根率和移栽成活率

表10.1表明，在相同条件下，作为扦插难生根的枣树，其品种间的生根率没有差异，均达到了100%，但是苗木移栽成活率却差异显著。总的趋势是：苹果枣>梨枣≥黄骅冬枣，二次枝生根苗的移栽成活率明显高于枣头，平均在95%以上，最高的苹果枣可达100%；而枣头生根苗移栽成活率平均只有71.2%，最低的梨枣仅为66.7%。

从表10.1和表10.2可以更加直观的看到试验的差异性。产生这种现象的原因是复杂的，但是插穗的质量是影响扦插生根和苗木移栽成活的主要因素之一，在生产中应特别注意。

表10.1 不同品种、不同部位插穗生根率和苗木移栽成活率

品 种	部 位	调查株数/株	生根株数/株	生根率/%	成活株数/株	成活率/%
梨 枣	枣 头	30	30	100	20	66.7
苹果枣	枣 头	65	65	100	51	76.9
黄骅冬枣	枣 头	30	30	100	21	70
平均值	枣 头	41.7	41.7	100	30.3	71.2
梨 枣	二次枝	30	30	100	29	96.7
苹果枣	二次枝	50	50	100	50	100
黄骅冬枣	二次枝	30	30	100	28	93.3
平均值	二次枝	36.7	36.7	100	35.7	96.7
总平均值		39.2	39.2	100	33	83.9

10.2.1.2 根系数量

根系是衡量苗木质量的决定因素之一，其数量是重要的标志。通过表10.2不难看到，品种间和相同品种不同部位插穗的生根情况均有明显差异，生根数量总的趋势为：苹果枣>黄骅冬枣>梨枣，二次枝的平均生根条数明显多余枣头，而且5.1～20cm长的根数显著增加，二次枝平均为9.3条，最多根数可达35条，枣头平均为7.2条，最多根数为22条。

表 10.2 不同品种、不同部位插穗不同长度根的平均条数（单位：条）

品 种	部 位	0～5cm	5.1～10cm	10.1～15cm	15.1～20cm	20cm 以上	合 计
梨 枣	枣 头	2.4	2.0	1.9	1.8	1.6	9.7
苹果枣	枣 头	4.6	2.4	1.5	1.4	1.4	11.3
黄骅冬枣	枣 头	2.9	2.5	2.1	1.1	1.9	10.5
平均值	枣 头	3.3	2.3	1.8	1.4	1.6	10.5
梨 枣	二次枝	1.5	1.7	2.0	1.3	1.5	8.0
苹果枣	二次枝	5.6	6.2	3.5	1.7	1.9	18.9
黄骅冬枣	二次枝	2.8	2.5	1.7	1.9	2.0	10.9
平均值	二次枝	3.3	3.5	2.4	1.6	1.8	12.6
总平均值		3.3	2.9	2.1	1.5	1.7	11.6

10.2.1.3 根系长度

根系的长度从另一个侧面反映苗木的质量。表 10.3 表明，同品种不同部位插穗的生根长度没有明显差异，二次枝和枣头的平均根长分别为 25.87cm 和 25.93cm。品种间存在差异，总的趋势为：苹果枣＞梨枣＞黄骅冬枣，苹果枣总平均根长为 27.82cm，最长根可达 66.0cm，梨枣总平均根长为 25.15cm，最长根可达 45.0cm，黄骅冬枣总平均根长为 24.72cm，最长根可达 43.0cm。

表 10.3 不同品种、不同部位插穗不同长度根的平均根长（单位：cm）

品 种	部 位	0～5cm	5.1～10cm	10.1～15cm	15.1～20cm	20cm 以上
梨 枣	枣 头	4.15	7.89	12.76	18.15	25.69
苹果枣	枣 头	2.99	7.72	12.98	18.60	27.20
黄骅冬枣	枣 头	3.22	7.63	12.85	17.50	24.72
平均值	枣 头	3.45	7.75	12.86	18.01	25.87
梨 枣	二次枝	3.62	7.84	12.57	18.16	24.61
苹果枣	二次枝	3.77	7.57	12.45	18.01	28.45
黄骅冬枣	二次枝	4.35	7.58	12.27	17.59	24.72
平均值	二次枝	3.91	7.66	12.43	17.92	25.93
总平均值		3.68	7.56	12.65	18.00	25.90

10.2.1.4 插穗直径对生根的影响

插穗生根前生命的维持依赖自身储存的养分，因此合适的粗度有利于扦插生根。表 10.4 统计表明，不同粗度插穗的生根数量，枣头在 0.3～0.8cm 时为黄骅冬枣＞苹果枣＞梨枣，插穗粗度在 0.51～0.6cm 时，平均生根数量最多，可

达到7.1条；二次枝0.2～0.5cm范围内为苹果枣＞黄骅冬枣＞梨枣，插穗粗度在0.31～0.4cm时，平均生根数量最多，可达到9.5条。

表10.4　不同直径插穗生根的平均条数　（单位：条）

品种	部位	0.1～0.2cm	0.21～0.3cm	0.31～0.4cm	0.41～0.5cm	0.51～0.6cm	0.61～0.7cm	0.71～0.8cm	0.8cm以上
梨枣	枣头	0.0	0.0	4.0	6.7	6.0	4.5	4.2	4.5
苹果枣	枣头	0.0	0.0	4.5	7.1	8.2	6.2	0.0	6.0
黄骅冬枣	枣头	0.0	0.0	3.0	5.3	7.0	7.6	9.0	9.0
平均值	枣头	0.0	0.0	3.8	6.4	7.1	6.1	4.4	6.5
梨枣	二次枝	0.0	3.9	4.3	3.7	3.0	0.0	0.0	0.0
苹果枣	二次枝	11.0	15.9	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
黄骅冬枣	二次枝	3.0	5.1	6.6	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0
平均值	二次枝	4.7	8.3	9.5	5.7	1.0	0.0	0.0	0.0
总平均值		2.4	4.2	6.7	6.1	4.0	3.1	2.2	3.3

10.2.2　生物量积累

通过生物量即干物质积累可以判断扦插生根后树木的健壮程度和生长状况。表10.5统计表明，品种间以及同品种不同部位的插穗，干物质积累差异明显。总的趋势为：黄骅冬枣＞苹果枣＞梨枣；如果考虑不确定的因素，将茎和叶的积累量去掉，只统计相对确定的因素——根的积累量，则品种间仍然遵从以上规律，即黄骅冬枣＞苹果枣＞梨枣，而同品种不同部位间二次枝要略高于枣头。

表10.5　不同品种、不同部位干物质积累量　（单位：g）

品种	部位	根	茎	叶	合计
梨枣	枣头	0.26	2.53	0.79	3.58
苹果枣	枣头	0.22	2.65	0.62	3.49
黄骅冬枣	枣头	0.18	3.42	0.81	4.41
平均值	枣头	0.22	2.87	0.74	3.83
梨枣	二次枝	0.16	0.60	0.46	1.22
苹果枣	二次枝	0.24	1.01	0.59	1.84
黄骅冬枣	二次枝	0.35	1.09	0.85	2.29
平均值	二次枝	0.25	0.90	0.63	1.78
总平均值		0.24	1.89	0.69	2.80

10.3 结论与讨论

(1) 综上所述，枣树3个品种间扦插生根能力没有差异，扦插苗移栽成活率和干物质积累差异显著；同品种不同部位、不同粗度插穗对生根能力和苗木移栽成活率有显著影响。

(2) 插穗的质量直接影响扦插生根能力。因此，要选择优良母树上当年萌生的，皮色鲜绿，生长健壮，无病虫害，半木质化，粗度0.51～0.6cm的枣头及0.31～0.4cm的二次枝做插穗效果最好。

(3) 合适的激素配比会显著提高生根率及生根的数量和质量，生长调节剂IBA和NAA混合进行速蘸处理效果更好。

(4) 把握好扦插季节也是获得成功的关键，一般6月中旬至8月上旬为枣树嫩枝扦插育苗的最佳时间。

(5) 枣树作为较难扦插生根的树种，其品种间的生根能力，尤其生物量积累方面还尚需进一步试验研究。

参考文献

陈志刚，王苏龙，朱锦红. 2000. 枣树全光喷雾扦插育苗技术. 山西林业，(5)：21～22
戴秀锦，王靖. 2002. 枣树嫩枝扦插育苗试验. 林业科技开发，16 (1)：24～26
董辰波，牟元尧，刘涌涛等. 2001. 冬枣弓棚绿枝扦插育苗技术. 河北果树，(2)：34～39
韩林，蔡玉勇. 2001. 鲁北冬枣的全光喷雾嫩枝扦插育苗技术. 山西果树，(3)：41～42
来锡福，李柏春，王多文等. 1995. 枣树绿枝扦插试验研究. 甘肃林业科技，(4)：1～4
黎桂阳，甄一鸣. 2001. 枣树的快速繁育技术——全光照间歇喷雾绿枝扦插. 河南农业，(4)：21
李云，王宇，田砚亭等. 2000. 枣树嫩枝扦插技术研究现状. 河北林果研究，15 (4)：373～379
史玉群. 1998. 枣树嫩枝扦插育苗新技术. 北方果树，(4)：20～29
孙浩元，续九如. 2001. 金丝小枣扦插繁殖及其生理机制研究. 果树学报，18 (6)：333～336
孙世正，代美君，李文林等. 1996. 脱毒冬枣嫩枝扦插育苗试验. 河北果树，(1)：32～33
孙世正，姜云君，贾宝三等. 1996. 全光弥雾脱毒冬枣嫩枝扦插育苗技术. 林业科技通讯，(12)：37
同金霞，李新岗，王鸿哲. 1997. 枣树全光照喷雾嫩枝扦插育苗技术. 陕西林业科技，(3)：74～77
王玉龙. 2001. 枣树嫩枝扦插育苗技术试验与推广前景展望. 经济林研究，19 (3)：45～60
卫发兴，杜新林. 1998. 枣树嫩枝扦插育苗及丰产栽培技术. 林业科技，23 (3)：4～6
颜廷云，孔祥海. 2001. 枣树绿枝扦插试验. 中国果树，(5)：53～54
尹立府，吕志建，宋海荣. 1997. 枣树遮荫塑料小拱棚嫩枝扦插技术. 河北果树，(2)：32～33
袁霞，郭建和，王春雷. 2003. 枣树硬枝扦插育苗. 林业实用技术，(2)：30
张华. 2002. 圆铃枣嫩枝扦插繁育技术研究. 落叶果树. (1)：3～5
郑先武，田砚亭. 1995. 金丝小枣插条中外源激素与内源激素的关系. 北京林业大学学报，17 (4)：44～49
朱其增，褚庆乐. 1993. 冬枣绿枝扦插试验研究. 林业科技通讯，(8)：27～28

11　沙棘嫩枝和硬枝扦插育苗技术研究

沙棘（*Hippophae rhamnoides* L.）属胡颓子科沙棘属植物，是一种落叶灌木或小乔木，高1～10m。沙棘分布很广，广泛分布于北纬27°～68°50′、东经2°～115°的欧亚大陆地区。全世界沙棘属植物共有5个种8个亚种，我国有5个种4个亚种，其中分布面积最多的为中国沙棘（*H. rhamnoides* L. subsp. *sinensis* Rousi.）。据统计，我国现有沙棘林140万hm^2，占世界沙棘总面积的90%以上，其中，“三北”地区有117万hm^2，占全国的90%。

沙棘在我国干旱和半干旱地区极具栽培价值。这是因为沙棘根系发达，枝叶茂盛，耐干旱、耐瘠薄、耐盐碱，萌芽力和萌蘖力极强，能形成根瘤，具有改良土壤的作用，是营造水土保持林和防风固沙林的先锋树种，具有重大的价值。沙棘是比较容易扦插生根的树种，采用嫩枝或硬枝扦插育苗繁殖，可大量生产良种无性系苗木。近年来我们从俄罗斯、蒙古引进了20余个大果沙棘优良品种，此外还通过杂交选育出优良生态经济型杂种。为了尽快为生产提供良种苗，我们对嫩枝扦插技术的效果和稳定性以及硬枝扦插的效果进行了观测研究。

11.1　试验材料与方法

11.1.1　试验材料

硬枝扦插育苗主要在内蒙古磴口中国林业科学研究院沙漠林业实验中心进行。插穗应在3月下旬至4月上旬采集，主要是在采穗圃的母株上剪取2～3年生的枝条，随采随插。嫩枝扦插实验分别在内蒙古磴口、黑龙江绥棱和辽宁阜新进行。内蒙古磴口选择扦插的品种主要有乌兰沙林、棕丘、白丘、中国沙棘和一些优良杂种；黑龙江绥棱扦插品种主要有楚伊、乌兰格木、金色等。穗条选择当年萌发的半木质化的嫩枝，过嫩枝条没有生根能力，木质化程度过高，也不易生根。内蒙古磴口采条时间在6～8月、黑龙江绥棱在7～8月、辽宁阜新在6～8月。嫩枝的采集以含水量高的早晨为好。一般4年生以上的采穗圃一年可采两次，2～3年生的采穗圃可多次采条。

11.1.2　试验方法

硬枝扦插主要是在露地进行扦插育苗。首先是整地作床或作垄。整地时要施足基肥，并进行土壤消毒。作床的规格是宽1m左右，长10m左右，株行距10cm×20cm，扦插深度10～15cm。在内蒙古磴口因早春土壤干旱，为了保墒保

温，扦插时采用覆盖农用薄膜，在膜上打孔扦插。插穗长 15～20cm，扦插前用生长激素进行处理，处理激素主要是 ABT 生根粉 1、2 号，使用浓度为 50～100mg/kg，浸泡时间 2～12h，扦插时上端外露 1 或 2 个芽，插后立即灌一次透水。插后苗期的管理与一般育苗类似，主要是灌水、松土除草、施肥和防治病虫害，特别是灌水应给予高度的重视，这是扦插育苗的关键。

嫩枝扦插在塑料大棚或全光照喷雾条件下进行扦插育苗。穗条的选择最为关键，采集的新梢直径不得小于 0.2cm，原则是枝条直立，但木质化程度不能太高，以半木质化枝条为最佳，长度 10～15cm，插穗萌生的二次枝全部去除，剪口斜剪，基部 2.5～3.5cm 的叶子全部去除，以利于插穗插入基质中。插穗的药剂处理采用 ABT 1 号生根粉（浓度为 100mg/kg）8h 浸泡处理，助溶剂为 95% 乙醇。

11.1.3 指标测定

主要调查成活率，嫩枝扦插苗根系数量特征主要测定一级侧根数（条）、一级侧根总长（cm）和二级侧根数（条）等指标。

11.2 实验结果

11.2.1 嫩枝扦插生根率

表 11.1 为 3 个嫩枝扦插试验点连续多年扦插生根率的基本情况。从表 11.1 可以看出，内蒙古磴口试验点嫩枝扦插生根率为 75%～90%、黑龙江绥棱为 80%～95%、辽宁阜新为 80%～95%，表明嫩枝扦插的技术已经成熟。相比较，磴口试验点由于气候比较干燥，喷雾用水含盐量高，因此生根率受到一定影响。此外，我们从表 11.1 还可以看出，对辽阜 1 号嫩枝扦插苗在原床保留进行培育和移栽后的根系状况进行比较，发现移栽苗在培育相同的时间内根系要显著好于原床苗，这提示我们，嫩枝扦插苗进行及时移栽对培育高质量的苗木是非常重要的。

表 11.2 为蹬口试验点沙棘嫩枝扦插苗根系数量测定结果。表 11.2 表明，不同品种一级侧根数、一级侧根长和二级侧根数均有明显的差异，说明品种不同生根能力也是不同的。造成不同品种生根能力的差异主要是品种的遗传特性和插穗的差异造成的。关于插穗长度与生根能力的关系不明显（图 11.1），但插穗的下部径的粗细与生根能力密切相关（图 11.2），生根能力随着下部径的增大有增大的趋势，从图 11.2 可以看出，采集的新梢插穗下部径应不小于 0.3cm 为好。图 11.3 表明，一级侧根数与一级侧根总长呈显著线性相关，因为侧根数多时自然总的长度也越大；同样二级侧根数与一级侧根数也呈正相关，即随着一级侧根数的增多，二级侧根数也随之增加。

表 11.1　不同试验点沙棘嫩枝扦插成活率

地点	扦插方式	年度	生根率/%	移栽成活率/%
内蒙古磴口	沙床全光喷雾	1998～2003	75～90	75～85
黑龙江绥棱	温棚容器	1998～2004	80～95	80～90
辽宁阜新	沙床微喷	2001～2003	80～95	80～90

表 11.2　蹬口沙棘嫩枝扦插苗根系数量测定扦插

品种	插穗长/cm	下部径/cm	一级侧根数/条	一级侧根总长/cm	二级侧根数/条
杂种 CII	25	0.4	2	2	0
	23	0.4	3	16	6
	23	0.4	4	20	4
	28	0.4	7	28	6
	26	0.4	5	14	3
平均	25	0.4	4.2	16	3.8
中沙无刺雄株	24	0.4	8	35	17
	26	0.5	16	64	15
	22	0.4	4	27	5
	22	0.5	4	11	22
	25	0.4	3	15	9
平均	23.8	0.44	7	30.4	13.6
乌兰沙林	19	0.5	5	25	8
	21	0.5	2	3	3
	19	0.5	6	49	11
	23	0.5	7	36	3
	21	0.4	10	63	6
平均	20.6	0.48	6	35.2	6.2
白丘	17	0.5	3	15	6
	20	0.6	7	31	8
	21	0.4	0	0	0
	22	0.4	10	70	14
	21	0.5	8	17	10
平均	20.2	0.48	5.6	26.6	7.6
辽阜 1 号	20	0.5	5	40	15
未移栽插床苗	21	0.6	13	105	35
	25	0.5	6	78	16
	19	0.4	6	96	5
	20	0.5	6	45	1
平均	21	0.5	7.2	72.8	14.4

续表

品种	插穗长/cm	下部径/cm	一级侧根数/条	一级侧根总长/cm	二级侧根数/条
辽阜1号移栽苗	25	0.5	17	135	27
	20	0.5	31	180	20
	21	0.5	23	98	9
	22	0.5	14	98	11
	23	0.5	10	50	26
平均	22.2	0.5	19	112.2	18.6
红霞	16	0.3	10	47	17
	20	0.3	0	0	0
	21	0.3	3	2	0
	19	0.3	12	48	8
	19	0.3	2	6	7
平均	19	0.3	5.4	20.6	6.4
棕丘	23	0.4	0	0	0
	22	0.4	7	20	18
	21	0.5	13	55	22
	26	0.6	7	25	25
	25	0.5	12	50	14
平均	23.4	0.48	7.8	30	15.8
阿列伊	18	0.5	2	13	30
	20	0.6	8	24	15
	22	0.5	13	52	15
	22	0.5	4	13	4
	24	0.6	15	90	8
平均	21.2	0.54	8.4	38.4	14.4

注：一级侧根数只统计大于1cm的新根，一级侧根数只统计大于0.5cm新根

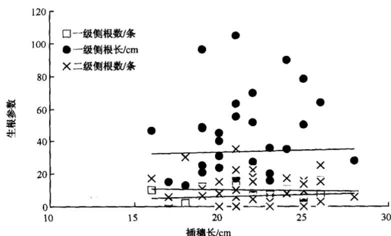


图 11.1　插穗长度与生根力的关系

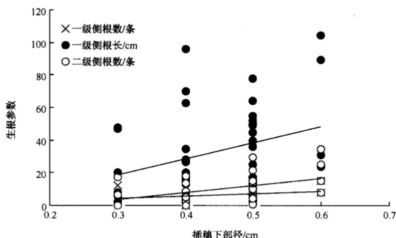


图 11.2　插穗下部径与生根力的关系

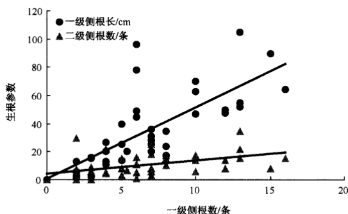


图 11.3　插穗一级侧根数与一级侧根根长、二级侧根数的关系

11.2.2　硬枝扦插生根率

表 11.3 是 25 个中国沙棘（雄）与乌兰格木（雌）的优良杂种。从表 11.3 可以看出，50%以上的杂种硬枝扦插生根率在 50%以上，表明硬枝扦插是可行的，这就为进一步快速建立品种园和良种的推广奠定了基础。

关于生根率与苗高、地径的关系如图 11.4 所示。图 11.4 表明，硬枝扦插苗的生根率与苗高显著正相关，即随着生根率的增加苗高增加，这进一步表明品种不同生根率不同，而且苗木的生长量也显著不同，反映在品种的适应能力方面自

然也不相同。但生根率与地径的生长无明显的关系，其主要原因是我们测定的地径是插穗的地径，而不是新生的苗干的径。

表 11.3 25 个优良杂种硬枝扦插成活率测定结果

杂种系号	苗高/cm	地径/cm	生根株数/株	未生根株数/株	生根率/%
1	45	3.15	36	11	77
2	43	3.43	28	20	58
3	42	3.93	37	10	79
4	31	3.45	1	6	14
5	27	2.93	6	22	21
6	34	2.96	7	12	37
7	33	3.29	7	12	37
8	41	5.75	13	6	68
9	32	4.16	6	13	32
10	42	6.07	17	10	63
11	49	5.38	14	5	74
12	22	2.74	6	4	60
13	27	3.22	2	20	9
14	22	3	1	17	6
15	31	2.99	2	6	25
16	35	3.17	6	13	32
17	26	3.67	2	10	17
18	34	3.59	5	5	50
19	35	3.95	7	7	50
20	40	3.49	2	4	33
21	53	4.66	17	4	81
22	55	4.66	14	6	70
23	42	4.39	12	4	75
24	31	4.16	5	4	56
25	29	3.53	10	7	59

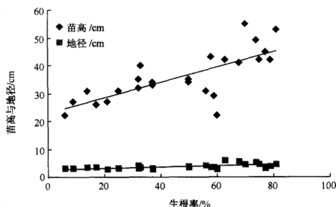


图 11.4 硬枝扦插生根率与苗高、地径的关系

11.3 结果与讨论

（1）3个试验点嫩枝扦插生根率连续6～7年均在75%以上，稳定性比较好，表明嫩枝扦插技术已完全成熟，可在生产上推广应用。需要注意的是嫩枝扦插苗的移栽环节非常关键，建议要及时移栽，移栽苗必须注意遮阴和灌水管理，以保证成活。此外还需做好病虫害的防治，以提高苗木的质量。

（2）造成不同品种嫩枝生根能力的差异主要是品种的遗传特性和插穗的差异。插穗的下部径的粗细与生根能力密切相关，生根能力随着下部径的增大有增大的趋势，因此建议采集的新梢插穗下部径应不小于0.3cm。

（3）嫩枝扦插在塑料大棚内或全光照喷雾条件下均可进行扦插育苗。插条长度一般为15～20cm，切口要平。剪好的插条应及时放在盛水的容器中以免失水。插穗扦插前应先进行消毒和生根激素的处理，消毒可用50%的多菌灵可湿粉剂500～800倍溶液或用0.2%的高锰酸钾溶液浸泡半小时。激素的处理用ABT生根粉1号，浓度为100mg/kg，浸泡时间8～12h。温室扦插或在全光照喷雾条件下扦插育苗，插床应建在有水源、电源、避风、排水良好的平坦地上。如果是室外扦插，一般苗床设计为圆形，大小根据喷雾设备双臂的长短确定，四周用砖砌成宽24cm、高40cm的围墙，底部每隔1m留一排水孔，苗床底部铺设20cm厚的粗炉灰渣，上铺20cm的通气排水好的基质。基质用河沙、石英砂、珍珠岩等材料配置而成。此外，还需要建简易水塔，水塔高1m，容量1～3m^3。扦插前将插床喷透水，扦插密度为400～500株/m^2。深度为2～3cm，过深由于通气不良，容易烂根。扦插最好在阴雨天或早晚进行。插后的管理重点是喷雾管理，一般由自动控制仪完成。生长后期要严格控制喷水，保持基质的湿润即可。

（4）内蒙古磴口硬枝扦插生根率在50%以上，表明硬枝扦插是可行的，这就为进一步快速建立品种园和良种的推广奠定了基础。要指出的是硬枝扦插生根率与苗高显著正相关，反映出品种的生根力和适应能力方面存在显著的差异。

参 考 文 献

黄铨，佟金权．1993．中国沙棘的表型结构与种群变异．林业科学研究，6（2）：175～181

黄铨，史玲芳，王士坤等．1998．沙棘种植技术与开发利用．北京：金盾出版社

廉永善，陈学林．1996．沙棘属植物的系统分类．沙棘，9（1）：15～24

赵汉章，黄秦军．1999．沙棘栽培与开发利用，北京：中国农业出版社

赵汉章，朱长进，徐永等．1992．沙棘种源试验研究．林业科学研究，5（1）：14～20

Rousi A. 1971. The genus *Hippophae* L. a. taxonomic study. Annales Biotanici Fennici，8：177～227

Yao Y，Tigerstedt P M A，Joy P. 1992. Variation of vitamin C concentration and character correlations between and within natural sea buckthorn（*H. rhamnoides* L.）populations. Acta Agric Scan，42：12～17

Yao Y，Tigerstedt P M A. 1993. Isozyme studies of genetic diversity and evolution in *Hippophae*. Genetic Resources and Crop Evolution，40：153～164

12 金丝楸嫩枝扦插试验研究

楸树（*Catalpa bungei* Mey.）是我国珍贵优质用材树种和著名园林观赏树种，已有2000多年的栽培历史。金丝楸是楸树的一个类型，自然分布于山东、河南、江苏、安徽等省，是我国暖温带落叶阔叶树种。由于它干型好，生长速度快，材质优良并具特殊的金黄色，成为当前推广的主要类型。

近年来金丝楸栽植发展很快，种苗供不应求。但因其自花不结实或极少结实，育苗多采用埋根和嫁接两种方法。埋根育苗由于受种根来源的限制，大多采用从金丝楸大树上挖取的多年生根作为插穗，这种方法出苗率和成活率均较低，而且苗木参差不齐，缺苗断垄严重。嫁接繁殖方法虽然成活率高，但育苗至少需要两年时间，而且只能选择梓树做砧木，梓树不仅为非本砧树种，而且不抗土壤根结线虫。

基于以上方法，我们开始尝试金丝楸嫩枝扦插的研究，发现影响金丝楸嫩枝扦插生根的主要因素是插穗的来源、嫩枝插穗的不同剪取方法和生长调节剂的处理方法等。

12.1 材料与方法

12.1.1 试验地概况

试验地设在洛宁县林业科学研究所余庄良种繁殖圃内，地处北纬34°23′、东经111°40′，属暖温带大陆型季风性气候，年平均气温13.7℃，最高气温42.1℃，极端最低气温−21.3℃。年平均降水量606mm，多集中在6～8月，年蒸发量1562.8mm。早霜10月上旬，晚霜4月下旬，无霜期216d。气候特点为春旱多风，夏热多雨，秋爽日照长，冬长寒冷少雨雪，四季分明，雨热同季。

该圃地势平坦，土层深厚，通透较好，肥力中等。土壤为褐土，有机质含量0.54%左右，pH值为7.6，灌溉便利。

12.1.2 试验材料

（1）种根采集，11月从金丝楸优树上挖取的根段，根段粗度0.5～3.0cm，剪取长度5～20cm。挖回后先进行层积处理。2001年处理5万条种根，2002年处理15万条种根。

（2）一年生苗干，2～3月从苗圃地挖出的1年生和2年生苗，从根际截下，苗干保湿沙藏。2002年处理两万条苗干。

（3）温棚，日光型温室、双层保温钢架大棚和水泥骨架大棚。温室规格为 240 ～480m^2。温棚内全部辅设自动喷雾装置。

12.1.3 处理方法

12.1.3.1 催芽处理

1 月中下旬至 2 月初开始催芽处理。温棚经整平后，先撒施一遍呋喃丹，杀灭地下害虫，用量为 5g/m^2（3%粒剂），铺一层未经腐熟的纯牛粪，厚度 10cm 左右，在牛粪上撒施一层 5cm 厚的细沙，然后在细沙上面撒施 3%呋喃丹＋25%多菌灵（1∶1）的混合药粉，用量为 10g/m^2，均匀撒施，喷一次清水，使催芽畦达到适宜温度。将楸树根段或干苗按粗细长短分级平摆在温棚催芽畦内，密度为根段与根段及苗干苗条与苗干之间间隔约 2～3cm。然后根据根段、苗干的粗度覆盖湿润细沙 5～8cm，进行保温保湿催芽，定时观测棚温与床畦温度，使其保持在床畦温度 12～25℃，棚温 15～30℃，相对湿度 75%～80%的条件下进行催芽处理。

12.1.3.2 插穗及处理

温棚催芽 30d 左右开始萌蘖发芽，待楸树根段或干条上蘖生的芽苗长出 3～5 片真叶，达到半木质化时。用生根激素 1 份 IBA＋2 份 NAA 500mg/L 浓度速蘸处理，对照为不蘸激素。

12.1.3.3 扦插基质

采用 30%标准＋60%腐熟牛粪＋10%生土配制而成，基质过 30 目筛后用“斯美地”作熏蒸处理，杀灭杂菌、虫卵及杂草。熏蒸剂用量按基质量而定，按 150ml/m^3的药量，将斯美地兑水均匀拌入基质，垄堆后盖塑料布密封熏蒸 7～10d，撒堆 2～3d 散去残药，即可用于扦插。

12.1.3.4 扦插容器

育苗穴盘，规格 28cm×54cm 50 穴，扦插密度 330 株/m^2，营养杯 8cm×8cm 255 株/m^2，平床内扦插。

12.1.4 插后管理

4～5 月在温棚内进行扦插，插后第一周加遮阳网，用自动喷雾保持叶面湿度，白天以叶面水分干后开始喷雾，每次喷 10～25s，以保持叶面湿润为原则，早晨、下午少喷，中午勤喷（10min 左右喷一次），晚上停喷，15d 左右开始生根，逐渐减少喷水次数，延长喷水间隔时间，用调整时间来控制喷水量，扦插苗生根后 15d，开始炼苗，主要是加强通风，减少喷水量，增加光照强度等。移栽前 4 天停止喷水。

12.2 结果与分析

12.2.1 金丝楸不同种源材料的发芽情况

1月23日至3月14日，分别将根茎、根段、全干苗和苗干放入温棚内进行催芽处理，结果如表12.1所示。从表12.1可以看出，发芽时间随催芽温度的升高而缩短。1月催芽一般30d左右开始发芽，2月催芽需20d左右，3月只需10d就可发芽。

表12.1 金丝楸不同材料发芽情况观察

材料	催芽时间	发芽时间	所需天数/d
根头	1月23日	2月23日	30
	2月7日	2月28日	21
	3月14日	3月25日	11
全干苗	1月23日	2月28日	35
	2月7日	3月5日	26
	3月14日	3月25日	11
干条	1月23日	3月3日	39
	2月7日	2月28日	21
	3月14日	3月30日	8
根段	1月23日	3月1日	37
	2月7日	3月1日	22
	3月14日	3月26日	12

此外，在实验中还发现，温棚内气温变幅较大，但地温较稳定。地温达到12℃以上，楸树根段就可发芽，地温达到14℃以上，发芽速度明显加快。

12.2.2 不同种源的发芽情况

12.2.2.1 楸树根茎发芽情况

1月23日将楸树不同粗度的根茎、根段、干条放入温棚内催芽，覆沙厚5～8cm，保温保湿。实验设计为随机区组排列，5次重复，每个处理调查50个样本。根茎为楸树苗截去干后的短干苗，苗干保留10cm，根系进行修剪，总长度为15～18cm，粗度以截干口处粗度为准。4月7日至4月9日调查出芽数量。结果如表12.2所示。

表 12.2　金丝楸根茎发芽数量观察

根茎粗度 /cm	出芽数量/个					最多/条	最少/条	平均/条	$F=0.05$
	1	2	3	4	5				
1.0～1.4	5.2	5.0	5.6	4.0	4.4	11	2	4.8	a
1.5～2.0	7.1	5.2	8.0	6.5	5.1	15	3	6.4	b
2.1～3.0	6.2	5.4	7.0	5.0	8.0	14	3	6.1	b

表 12.2 表明，楸树粗壮根茎比细弱根茎发芽量多。方差分析表明，以1.5～2.0cm 粗的根头发芽量较多，最多出芽 15 个，最小 3 个，平均每根头出芽 6.4 个。细弱根头出芽量较少，且细芽多。

12.2.2.2　楸树根段粗度与出芽多少的关系

表 12.3 表明，楸树根段粗度 0.5cm 以上都可出芽 3 个以上，但以根粗 1.5～2.0cm 的根段出芽率最高，最多可出 8 个芽以上，平均 5 个芽。方差分析显示（$F=0.05$），1.5～3.0cm 粗的根段出芽数量差异不显著，根径粗 1.5cm 的出芽量与 1.0cm 以上根径的出芽量有显著差异。

表 12.3　金丝楸根段不同粗度出芽量

根段粗度 /cm	出芽数量/个					最多/条	最少/条	平均/条	$F=0.05$
	1	2	3	4	5				
0.5～0.9	2.7	2.9	2.9	2.8	3.2	5	2	2.9	a
1.0～1.4	4.2	2.8	3.2	4.0	3.4	7	2	3.5	b
1.5～1.9	5.0	4.0	4.3	3.7	4.5	8	1	4.5	c
2.0～3.0	5.5	3.8	4.1	4.9	4.0	8	1	4.4	c

12.2.2.3　楸树根段长短与发芽的关系

表 12.4 表明，楸树根段截取越长，单位长度出芽率越低，但截的过短出芽率也会降低，以截成 10cm 左右的根段进行催芽较为合适，长度超过 15cm 出芽率下降。

表 12.4　楸树根段长度对出芽量的影响

根段粗度 /cm	出芽数量/个					最多/条	最少/条	平均/条	$F=0.05$
	1	2	3	4	5				
5	14	13	14	13	17	17	13	1.4	a
10	30	43	37	30	27	43	27	1.7	a
15	25	37	37	39	29	39	25	1.1	b
20	39	35	38	31	34	39	31	0.9	b

注：平均数按折合为 5cm 长的单位出芽量

12.2.2.4 楸树苗干催芽试验

为了解楸树苗干发芽情况，进行了楸树全干苗干条的覆沙温棚催芽试验，处理分成带根一年生苗，一年生茎秆，并进行了干芽刻伤和不刻处理。结果如表12.5所示。表12.5表明，楸树干条带根与否、刻伤与否以及干条的长短对出芽均没有影响，楸树干条发芽多少与芽节数有关，一般有多少芽节就可发多少芽，发芽数占有芽数的75%，上部干条发芽快，中下部发芽慢。

表12.5 楸树干条出芽率调查

长度/cm	调查条数/条	发芽条数/条	每条发芽数/个	发芽率/%
50	50	50	16	75
100	50	50	21	75
130	50	50	30	75
150	50	50	32	75
20	50	50	34	75

12.2.3 楸树嫩枝扦插

12.2.3.1 不同激素处理对楸树嫩枝扦插生根率的影响

楸树嫩枝生根主要是皮部生根，愈伤组织一般不生根。研究结果表明（表12.6），不同浓度的IBA、NAA处理楸树嫩枝其生根率差异显著，其中以IBA+NAA（1∶2）混配500mg/L速蘸处理生根率最高，平均达88.0%，比对照（48.0%）提高40%。

表12.6 不同激素处理对楸树嫩枝生根率的影响

处理号	处理浓度/(mg/L)	生根率/%				平均/%	$F=0.05$
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ		
IBA	300	55	57	60	63	58.8	a
IBA	500	65	60	70	72	66.7	b
NAA	300	50	54	57	61	55.5	a
NAA	500	62	62	59	75	64.5	b
ABT生根粉	500	75	65	77	80	74.3	b
IBA+NAA	500	81	89	84	98	88.0	c
CK		41	36	50	65	48.0	d

12.2.3.2 不同扦插基质对楸树嫩枝扦插的影响

表 12.7 表明，用河沙、草炭、腐殖土＋锯屑、牛粪＋锯屑作为基质扦插楸树都可获较高的生根率，但生长快慢和生根量有一定差异，纯河沙生根量少、根系较弱，草炭、腐殖土＋锯屑、牛粪＋锯屑生根快，根系发达，侧根数多。综合比较，牛粪＋锯屑（1∶1）作扦插基质原料易得，成本最低，故选定牛粪＋锯屑作楸树嫩枝大批量扦插的基质。

表 12.7 不同基质扦插效果

基质	扦插生根率/%			平均/%	侧根数/条	侧根长/cm	粗壮度
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ				
河沙	85	85	90	85.0	20	5.0	弱
草炭	86	88	91	88.3	32	10.5	强
腐殖土＋锯屑（1∶1）	87	88	89	88.0	31	11.1	强
牛粪＋锯屑（1∶1）	90	87	92	89.6	31	11.0	强

12.2.3.3 楸树嫩枝插穗不同剪取方法对生根的影响

表 12.8 是嫩枝插穗剪取方法对生根影响的实验结果。从表 12.8 可以看出，楸树嫩枝扦插，以带芽基掰插成活率最高，平均成活率 93.2%，不带芽基常规剪插成活率极低，平均仅 24.6%，而且二者成活株的生根数量相差显著。带芽基扦插平均生侧根 28.6 条，最多 36 条（1mm 以上根），而不带芽基扦插苗生侧根平均 12.6 条，最多 31 条。

表 12.8 嫩枝插穗剪取方法对生根的影响

处理	扦插生根率/%					平均/%	侧根数/条	最多/条	$F=0.05$
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ				
带芽基掰插	98	90	96	94	88	93.2	28.6	36	a
不带芽剪插	32	20	19	25	27	24.6	12.6	31	b

12.2.3.4 不同部位、不同来源插穗的扦插成活率

为扩大楸树嫩枝资源量，在楸树根头萌生的芽苗长到 50～60cm 高时，从基部掰下，将嫩枝剪成上、中、下 3 段，分别扦插，设 5 次重复样本为 50 株。试验结果如表 12.9 所示。从表 12.9 可以看出，嫩枝基部插穗生根率为 66.7%，中部插穗为 24.6%，梢部为 1%，很明显楸树嫩枝中上部生根较困难，表明过于幼嫩的插穗反而难以生根成活。

表 12.10 为不同来源的嫩芽掰插成活率比较。从表 12.10 可以看出，大棚埋

干芽苗生根率最高，为 92%；其次为苗木基部萌蘖穗条，为 21.3%；苗木梢部嫩芽和大树嫩芽生根率非常低，仅为 0.3%。

表 12.9　楸树不同枝段扦插成活率比较

插穗	扦插生根率/%					平均/%	$F=0.05$	生根天数/d	备注
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ				
基部插穗	73.3	60	70	63.3	66.7	66.7	a	21	插穗带根，叶片老化
中部插穗	32	20	19	25	27	24.6	b	20	插穗半木质化
梢部插穗	1	2	0	1	1	1	c	35	顶部嫩梢

表 12.10　不同来源的嫩芽掰插成活率

插穗来源	扦插生根率/%			平均/%	$F=0.05$
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ		
大棚埋干芽苗	85	94	97	92	a
苗木基部萌蘖	20	19	25	21.3	b
苗木梢部嫩芽	1	0	0	0.3	c
大树嫩芽	0.4	0.1	0	0.3	c

表 12.11　不同来源的嫩芽掰插生根情况

插穗来源	扦插生根率/%					平均/%	生根天数/d
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ		
根段苗	96	89	98	100	95	95.6	15～20
根茎苗	92	94	90	90	96	92.4	15～20
干条苗	95	90	92	92	94	92.6	25～30

表 12.11 也为不同来源的嫩芽掰插成活率比较。与表 12.10 插穗不同的是，插穗来源均为埋干和埋根催芽获得的嫩芽进行扦插比较。从表 12.11 明显的看出，从根段苗、根茎苗和干条苗得到的嫩芽生根率均超过了 92%，可见埋干和埋根处理进行催芽是楸树扦插育苗最好的方法。

12.2.4　楸树扦插移栽成活率及生长情况

经调查，楸树嫩枝扦插由于使用了容器袋和育苗穴盘，扦插苗移栽成活率在 95%以上，基本不缓苗（表 12.12）。扦插苗在 5 月底前移入大田，当年苗高平均达到 150cm 以上，高的可达 200cm 以上，地径平均 1.8cm，最粗可达 3.4cm，完全可以达到当年嫩枝扦插育苗当年出壮苗的标准。6 月移栽的楸树扦插苗，平

均高生长 70cm 以上，部分可达到 150cm。

表 12.12 楸树扦插苗移栽生长情况

移栽时间	成活率%	平均苗高/cm					平均地径/cm				
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	平均	最高	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	平均	最高
4 月 25 日	98	171	170	178	173	210	2.75	2.73	2.82	2.77	3.4
5 月 10 日	98	176	127	170	157.7	200	2.81	2.65	2.78	2.75	3.3
5 月 25 日	95	150	155	165	156.7	190	1.83	1.81	1.81	1.81	2.1
6 月 10 日	95	65	70	85	73.3	140	1.65	1.55	1.40	1.40	2.0

注：移栽密度为 50cm×60cm，2200 株/亩

12.3 讨　　论

（1）楸树嫩枝扦插采用吲哚丁酸＋萘乙酸（1∶2）混配 500mg/L 速醮处理，可显著提插穗生根率和生根量，但未对激素处理后的对扦插苗的年生长量影响做跟踪调查。

（2）试验表明，用楸树根段、根头、干条在温棚内覆沙催芽，在芽插不出真叶 4 或 5 片时掰插成活率最高，成活率在 90%以上，剪取的不带根基的插穗成活率很低。从大田或大树上采集的楸树嫩芽作插穗，扦插不能成活或成活率极低，且生根时间较长。

（3）楸树嫩枝扦插需在有喷雾条件的温棚内进行效果较好，基质采用牛粪＋锯屑（1∶1）以育苗穴盘（50 穴/盘）作容器，扦插密度达到 330 株/m^2。

（4）楸树嫩扦插苗当年扦插，当年移栽，平均苗高可达到 170cm，平均地径 2.8cm，能达到当年育苗当年出圃壮苗的快繁要求。说明楸树穴盘嫩枝扦插育苗是楸树无性繁殖的好方法。

参 考 文 献

林业部科技司. 1991. 阔叶树遗传改良. 北京：科学技术文献出版社
中国树木志编委会. 1981. 中国主要树种造林技术. 北京：中国林业出版社

13　马褂木和北美鹅掌楸嫩枝扦插试验研究

鹅掌楸亚科只有 1 属 2 种，即马褂木（*Liriodendron chinense* Sargent.）和北美鹅掌楸（*L. tulipifera* L.）

马褂木，又名鹅掌楸、中国马褂木，自然分布于我国长江流域，海拔 500～1700m，与各种阔叶落叶或阔叶常绿树混生。性喜光及温和湿润气候，有一定的耐寒性，可经受－15℃低温而完全不受伤害。喜深厚肥沃、适温而排水良好的酸性或微酸性土壤。马褂木树干通直，株高可达 40m，胸径 1m 以上。木纹细腻优美，叶形奇特，形似马褂，花如金盏，古雅别致，秋叶呈黄色，枝叶茂盛，是优美的庭荫和行道观赏树种，为国家二级濒危保护树种。

北美鹅掌楸木主要分布于美国的整个东部，加拿大的安大略省也有分布，是世界四大行道树之一。极富观赏性，落叶乔木，树高 24m、宽 12m，直立生长呈锥形。随着树龄增长，树冠逐渐呈现不规则状伸展，敞开。花朵黄绿色，好似郁金香，花期从 5 月末至 6 月。叶片秋季呈黄色到金黄色，能适应各种气候。我国从 20 世纪 30 年代开始引进北美马褂木，近几年中国林业科学研究院林业科学研究所等单位也引进大批量的不同种源的北美鹅掌楸种子，为遗传改良奠定了基础。

目前，生产上马褂木的繁殖主要采取播种育苗的方法，但因自然授粉不良，种子多瘪粒，发芽率不到 5%，严重制约马褂木的栽培和推广。鉴于此，我们从 2003 年开始在北京市和河南省洛宁县两地开展马褂木和北美鹅掌楸嫩枝扦插育苗技术研究。目的是通过扦插试验以探索难生根树种的生根机制，寻求有效的繁殖途径和方法。在河南省洛宁主要开展了中国马褂木江西、湖北两个种源嫩枝扦插和露地移植试验，在北京开展了北美鹅掌楸温室扦插繁殖试验。

13.1　试验材料与方法

13.1.1　试验材料

在北京选取 1 年生北美鹅掌楸实生苗 10 株，用细河沙和泥炭土按照 1∶1 的比例混均匀，用千分之一的多菌灵消毒后，在温室内建约 20～30cm 的埋苗床，将 1 年生的北美鹅掌楸实生苗带根埋入床内，苗干上部覆土约 2～3cm，一次灌足水，待萌条长到 10～30cm 采集进行扦插试验。用细河沙和泥炭土按照 3∶1 的比例混均匀消毒后，装入直径 8cm 的扦插杯中作为扦插用的营养基质。

河南省洛宁试验点于 2 月中旬挖取江西、湖北的马褂木种源 2 年生实生苗，在大棚内埋干催芽。温棚经整平后，先撒施一遍呋喃丹，杀灭地下害虫，用量为

5g/m² (3%粒剂)，铺一层未经腐熟的纯牛粪，厚度 10cm 左右，在牛粪上撒施一层 5cm 厚的细沙，然后在细沙上面撒施 3%呋喃丹+25%多菌灵 (1∶1) 的混合药粉，用量为 10g/m²，均匀撒施，喷一次清水，使催芽畦达到适宜温度，进行保温保湿催芽，定时观测棚温与床畦温度，使其保持在床畦温度 12～25℃，棚温 15～30℃，相对湿度 75%～80%。

13.1.2 试验方法

在北京将约 15～20cm 长、半木质化的北美鹅掌楸萌条用 2000mg/kg 的 IBA 速蘸 2～3min，扦插在预先准备好的扦插杯中，然后放入温室人工小温棚中培养，定时喷雾，温棚湿度控制在 90%以上，温度 20～28℃。

河南省洛宁试验点 3 月中旬马褂木干芽开始萌发，4 月下旬开始掰取半木质化芽，芽高为 15～25cm，用 500mg/kg 1 号生根粉浸泡 15min，然后进行扦插。育苗穴盘规格为 28cm×54cm 50 穴，扦插密度 330 株/m²，营养杯为 8cm×8cm 255 株/m²，插后按常规全光照自动喷雾扦插育苗方法管理。5 月 26 日对 4 月 18 日扦插的苗木的生根情况进行抽样调查。6 月上旬开始进行大田移栽，10 月底调查保存率和苗木生长量。

13.2 结果与分析

生根成活率

表 13.1 表明，在北京用营养杯扦插北美鹅掌楸，生根率为 87%。在河南省洛宁县用穴盘扦插中国马褂木生根率分别为 68%和 67%，用营养杯为 83%，可见营养杯生根率要高于穴盘，但穴盘成本比较低，扦插操作比较容易。在河南省洛宁县用穴盘扦插中国马褂木生根率比较低的原因除了树种本身原因外，还与大棚设施条件和管理的精细程度密切相关。从一级侧根数比较，北美鹅掌楸略高于中国马褂木，分别为 8 条和 5 或 6 条。

表 13.2 为北美鹅掌楸扦插苗根系的数量特征表。从表 13.2 可以看出，北美鹅掌楸嫩枝扦插苗的一级侧根数、一级侧根最长根、一级侧根平均长、二级侧根数、二级最长根、二级根平均长分别为 8 条、6.14cm、4.58cm、41 条、2.1cm、1.3cm。此外从表 13.2 还可以看出，一级侧根数越多，相应的一级侧根最长根、一级侧根平均长、二级侧根数、二级最长根和二级根平均长数值也越大。如 3 号苗，一级侧根数为 11 条，其一级侧根最长根、一级侧根平均长、二级侧根数、二级最长根和二级根平均长分别为 8.5cm、6.5cm、85 条、4cm、3cm；43 号苗一级侧根数为 5 条，其一级侧根最长根和一级侧根平均长分别为 1.3cm、0.8cm，而二级侧根数、二级最长根和二级根平均长均为零。一级侧根数少，表明这些插穗的生根速度比较缓慢，关于造成的原因有待于进一步的研究。

表 13.3 是中国马褂木嫩枝扦插苗不同移栽方式对保存率影响的测定结果。从表 13.3 可以看出，裸地移栽，由于在 8 月中旬后，陆续出现焦叶、干顶、死亡现象，至 9 月底保存率不足 5%。大棚地移栽，在前期由于有塑料及遮阴网遮阴，苗木保存率一直比较高，但在 6 月全部揭去后，9 月同样开始出现焦叶、干顶、死亡现象，但总体成活、生长情况均比裸地移栽要好，保存率为 45%。万寿菊地移栽时由于菊花苗木比较小，与马褂木同高或略高，再加上密度大、遮阴效果好，尽管对马褂木的生长有一定影响，苗木生长细弱，但无焦叶、干顶现象，死亡较少，保存率在 75%左右。2 年生法桐地栽培，由于法桐密度大，为 40cm×50cm，高度为 1.5～2m，马褂木得到了很好的庇荫，无焦叶、干顶、死亡现象，保存率达到 90%以上，生长状况也比较好。由上分析可见，马褂木嫩枝扦插苗的移栽环节非常关键，直接影响到苗木数量和质量的培育。幼弱的扦插苗在第一年一定要给于庇荫，防止苗木焦叶、干顶和死亡。

表 13.1　北美鹅掌楸和中国马褂木嫩枝扦插生根率情况

来源	种类	育苗容器	抽样株数/株	生根株数/株	生根率/%	一级根数/条
美国	北美马褂木	营养杯	15	13	87	8
江西	中国马褂木	穴盘	50	34	68	5.7
湖北	中国马褂木	穴盘	30	20	67	5
江西	中国马褂木	营养杯	30	25	83	6

表 13.2　北美鹅掌楸嫩枝扦插根系数量特征

序号	一级根数/条	一级最长根/cm	一级根平均长/cm	二级根数/条	二级最长根/cm	二级根平均长/cm
1	10	9.3	8	55	3.5	—1.5
2	11	8.5	6.5	85	3	4
3	12	11.5	7.5	65	4	1
4	5	1.3	0.8	0	0	0
5	2	0.1	0.1	0	0	0
平均	8	6.14	4.58	41	1.3	2.1

表 13.3　中国马褂木嫩枝扦插苗不同移栽方式对保存率的影响

移栽方式	移栽株数/株	保存株数/株	保存率/%
裸地移栽	100	5	5
大棚地移栽	100	45	45
万寿菊地移栽	100	75	75
2 年生法桐地移栽	151	136	90
合计	451	261	58

表 13.4　法桐地和万寿菊地苗木生长量比较（调查日期：11 月 5 日）　　（单位：cm）

移栽方式	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		平均	
	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高
万寿菊地移栽	0.7	21	0.6	12	0.5	29	0.7	36	0.8	28	0.8	39	0.75	34	0.6	18	0.8	43	0.95	37	0.72	29.7
法桐地移栽	0.8	32	1.0	42	0.85	35	1.0	40	0.85	34	0.9	29	0.7	18	0.96	26	0.8	25	0.7	24	0.86	30.5

表 13.4 是万寿菊地移栽与 2 年生法桐地移栽苗木生长量的比较测定结果。从苗木的平均地径和苗高来看，万寿菊地移植苗地径和苗分别为 0.72cm 和 29.7cm，法桐地分别为 0.86cm 和 30.5cm，可见法桐地移植苗生长量略大于万寿菊地，但二者的差异不显著。

表 13.5 为中国马褂木 50 株样本 1 年生扦插苗的生长数据测定结果。统计表明，马褂木 1 年生嫩枝扦插苗地径可达到 0.73cm，苗高达到 22cm。

表 13.5　50 株抽样苗木生长量平均值调查　　（单位：cm）

编号	地径	苗高	编号	地径	苗高	编号	地径	苗高
1	0.7	15	18	0.7	20	35	1.92	74
2	0.65	12	19	0.75	22	36	1.32	52
3	0.85	21	20	1.25	36	37	1.5	78
4	0.55	20	21	1.45	68	38	1.32	79
5	0.72	12	22	1.2	57	39	1.85	69
6	0.7	10	23	1.25	54	40	0.95	45
7	0.9	20	24	1.9	90	41	1.95	72
8	0.7	12	25	1.45	47	42	1.58	86
9	0.5	10	26	1.95	96	43	1.92	90
10	0.6	18	27	1.92	81	44	1.75	63
11	0.7	17	28	1.35	48	45	1.8	84
12	0.8	22	29	1.52	95	46	2.1	106
13	0.65	20	30	1.92	100	47	1.48	60
14	0.55	16	31	1.4	48	48	1.82	70
15	0.8	18	32	1.88	96	49	1.4	61
16	0.7	11	33	1.68	88	50	1.0	65
17	0.6	15	34	1.68	73			

13.3 结论与建议

（1）采用温室埋干催芽的方法进行马褂木和北美鹅掌楸扦插苗的培育是可行的，扦插生根率能达到67%以上，可以在生产上应用。需要进一步改进的是可先在温室进行1～2年生苗木盆栽，培育矮化型采穗圃，然后进行嫩枝扦插可加速马褂木和北美鹅掌楸苗木的培育进程，提高繁殖系数，实现规模化生产。这一技术对加速优良品种的推广具有重要意义。

（2）马褂木和北美鹅掌楸嫩枝扦插苗的移栽技术环节非常关键，直接影响到苗木数量和质量的培育。因此，建议在马褂木嫩枝扦插苗在第一年移栽时一定要给于适当时间的庇荫，以防苗木焦叶、干顶和死亡。

参考文献

陈金慧. 2002. 鹅掌楸组培苗的生根及移植技术. 林业科技开发，16 (5)：21～22
季孔庶. 2001. 鹅掌楸属植物研究进展及其繁育策略. 世界林业研究，14 (1)：8～14
季孔庶. 2002，杂种鹅掌楸产业化前景与发展策略. 林业科技开发，16 (1)：3～6
王章荣. 1997. 马褂木遗传资源的保存与杂交育种前景. 林业科技通讯，(9)：8～10
王章荣. 2003. 鹅掌楸属杂交语汇总回顾与展望. 南京林业大学学报，27 (3)：76～78

14　三倍体毛白杨扦插试验研究

三倍体毛白杨是北京林业大学毛白杨研究所朱之悌院士经过15年艰苦攻关所选出的杨树新品种。三倍体毛白杨适生范围与普通毛白杨基本相同，以土层深厚肥沃、湿润的壤土或沙壤土生长最好。三倍体毛白杨生长迅速，当年育苗可以当年出圃，第五年采伐时，胸径可达15～20cm，树高12～18m，单株材积0.1m^3以上，每亩蓄积量10～20m^3。三倍体毛白杨纤维含量和得浆率都比较高，适合作为工业造纸原料。

目前，三倍体毛白杨推广中存在的重要问题之一是苗木的扩繁。目前生产中主要采用嫁接的方法培育苗木，而直接扦插育苗还存在技术上的难度。基于此，我们从2003年开始探索三倍体毛白杨扦插育苗技术。目的是通过试验探索较难扦插生根的三倍体毛白杨的生根情况和生根机理，寻求其生根的有效途径和方法，为生产实践服务。

14.1　试验材料与方法

14.1.1　试验材料

选取1年生和2年生三倍体毛白杨嫁接苗各5株（分别来自中国林业科学研究院和北京林业大学），细河沙和泥炭土按照1∶1的比例混均匀，用千分之一的多菌灵消毒后，在温室内建约20～30cm的埋苗床，将1年生和2年生三倍体毛白杨嫁接苗带根埋入床内，苗干上部覆土约2～3cm，一次灌足水，待萌条萌出供扦插；将细河沙和泥炭土按照3∶1的比例混均匀消毒后，装入直径8cm的扦插杯中备用。

14.1.2　试验方法

将约40cm长、半木质化的萌条分上、下两部分分别用2000mg/kg的IBA速蘸2～3min，扦插在预先准备好的扦插杯中，然后放入温室人工小温棚中培养，定时喷雾，温棚湿度控制在90%以上，温度20～28℃。

14.2　结果与分析

6月8日对扦插了28天（5月10日扦插）的穗条进行了生根情况调查，调查结果如表14.1～表14.4所示。从表14.1～表14.4可以看出，萌条上段扦插

株数为 38 株，生根率为 100%，萌条下段扦插株数为 15 株，生根率为 86.7%，很明显萌条上段生根率高于下段。总的平均生根率为 96.2%，表明三倍体毛白杨嫩枝扦插是可行的。

表 14.2 和表 14.3 表明，1 年生三倍体毛白杨萌条上段扦插苗的根数、最长根和平均根长分别为 12 条、12.5cm 和 7.2cm；2 年生三倍体毛白杨为 19 条、14.2cm 和 7.9cm，很明显 2 年生三倍体毛白杨的插条根系明显好于 1 年生三倍体毛白杨，特别是生根数量，其原因可能是 2 年生三倍体毛白杨的插条比较粗壮。

从表 14.3 和表 14.4 的比较可以看出，2 年生三倍体毛白杨下段插条根数、最长根和平均根长分别为 4 条、10.2cm 和 6.6cm，显著小于上段，其原因可能与下段木质化程度、缺乏顶芽对插条体内激素平衡的影响密切相关。

但是我们也发现，尽管 2 年生三倍体毛白杨苗高度和地径显著大于 1 年生三倍体毛白杨苗木，但是从萌发幼枝数量来看，1 年生三倍体毛白杨要高于 2 年生三倍体毛白杨。这提示我们，要大规模繁殖三倍体毛白杨苗木，最好的技术途径是建立微型幼化采穗圃为好。

表 14.1　三倍体毛白杨扦插成活率情况

序号	插条数/条	生根株数/个	生根率/%
萌条上段	38	38	100
萌条下段	15	13	86.7
总计	53	51	96.2

表 14.2　1 年生三倍体毛白杨萌条上段扦插生根情况

序号	根数/条	最长根/cm	平均根长/cm	根毛多少
1	13	12.5	9	多
2	7	7.5	5	少
3	11	13	7	少
4	5	5	4	少
5	1	0.1	0.1	少
6	16	11.5	6	中
7	18	15.5	10	多
8	10	11	7.5	中
9	8	3	1	无
10	9	4	3	少
11	22	13	7.5	少
12	20	22	10	多
13	13	17.5	10	中

续表

序号	根数/条	最长根/cm	平均根长/cm	根毛多少
14	5	12	7	少
15	28	12	6	少
16	13	15	8	多
17	7	10	6	少
18	5	8	3	少
19	3	27	16	多
20	24	21	11	多
21	11	21	14	多
平均	12	12.5	7.2	

表 14.3　2 年生三倍体毛白杨萌条上段扦插生根情况

序号	根数/条	最长根/cm	平均根长/cm	根毛多少
1	23	11	7	中
2	33	6	3.5	少
3	17	17.5	9	多
4	24	21	9	多
5	19	21.5	13	多
6	7	19.5	10	多
7	6	6	4.5	中
8	29	21	10	多
9	20	22	11.5	多
10	18	2	1.5	无
11	23	23	12	多
12	7	4	2	无
13	25	13	10	多
14	13	16.5	10	多
15	23	15	8	多
16	14	8.5	6	少
平均	19	14.2	7.9	

表 14.4 2 年生三倍体毛白杨萌条下段扦插生根情况

序号	根数/条	最长根/cm	平均根长/cm	根毛多少
1	6	22	12	多
2	1	4.5	4.5	少
3	3	11	8	多
4	2	1.9	1.2	无
5	1	0.2	0.2	无
6	9	26	15	多
7	10	14.5	10	多
8	9	16	11	多
9	0	0	0	有愈伤
10	0	0	0	有愈伤
11	6	14	12	多
12	3	6	4	少
13	4	16	8	多
14	1	0.6	0.6	无
15	6	21	12	多
平均	4	10.2	6.6	

从图 14.1 可以明显看出，随着生根数量的增加，最长根长和平均根长随之增加，当生根数量达到一定值后，根长不再增加，并有逐渐下降的趋势。关于这一关系的内在实质，我们并不十分清楚。可能的一种机制是当插穗生根数量增加到一定程度后，光合产物分配到单一根系的量不再增加或者减少。2 年生萌条上段插穗生根数量与最长根长和平均根长的关系与 1 年生类似，但随根系数量增加

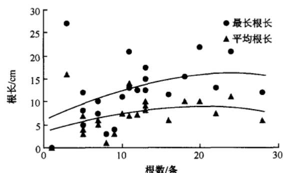


图 14.1 1 年生萌条上段插穗生根数量与最长根长和平均根长的关系

而下降的趋势要比 1 年生插穗明显（图 14.2）。同样 2 年生萌条下段插穗生根数量与最长根长和平均根长的关系与 1 年生类似（图 14.3），但生根的数量要显著小于 1 年生，表明幼枝下段尽管产生了大量愈伤组织，但皮部和愈伤组织产生根数比较少或者生根速度比较慢，其原因可能是下段的木质化程度比较高，或者缺乏顶芽导致插条体内激素不能合成或者不平衡造成的。

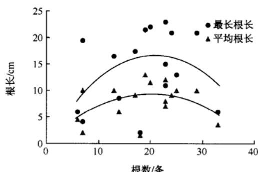


图 14.2　2 年生萌条上段插穗生根数量与最长根长和平均根长的关系

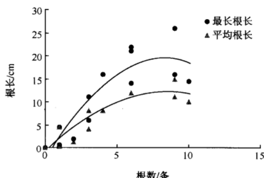


图 14.3　2 年生萌条下段插穗生根数量与最长根长和平均根长的关系

14.3　结果与讨论

（1）试验证明，较难扦插生根的三倍体毛白杨在一定的条件下，选择适当的插穗部位，并用合适的激素及适当浓度刺激，扦插生根是完全可以实现的，而且生根率可以达到 100%。

（2）同一萌发幼枝，理论上应该是插穗下段生根率更高一些，可实际却相反。尽管在扦插 28d 后，幼枝下段产生了大量愈伤组织，但皮部和愈伤组织仍没有产生根，其原因可能是下段的木质化程度比较高，或者缺乏顶芽导致插条体内激素不能合成或者不平衡造成的。

（3）本次实验中发现插穗的切口部位有腐烂现象，原因可能是由于插穗的剪切、基质排水性不好或者是扦插的部位太深而致。

（4）离皮的插穗生根情况不好，原因可能是皮层细胞抑制了插穗向生根的方向发展。

（5）实验表明，对像三倍体毛白杨这样的较难生根树种，建立微型优化采穗圃进行嫩枝扦插是一条非常好的途径，这一点可从山杨和马褂木的扦插繁殖同样得到证明。

参考文献

康向阳，朱之悌，林惠斌．1999．杨树花粉染色体加倍有效处理时期的研究．林业科学，35（4）：21～24

康向阳，朱之悌，张志毅．1999．毛白杨异源三倍体形态和减数分裂观察．北京林业大学学报，21（1）：1～5

李凤兰，张志毅．1994．毛白杨染色体加倍技术研究及三倍体育种（Ⅲ）花粉染色体加倍技术．北京林业大学学报，16（2）：15～18

朱之悌．1986．毛白杨优树快速繁殖方法的研究．北京林业大学学报，（4）：1～17

朱之悌，康向阳，张志毅．1998．毛白杨天然三倍体选种研究．林业科学，34（4）：22～31

朱之悌，林惠斌，康向阳．1995．毛白杨异源三倍体 B301 等无性系选育的研究．林业科学，31（6）：499～505

15 山杨嫩枝扦插育苗技术研究

山杨（*Populus davidiana* Dode）属白杨派树种，乔木，高达25m。在我国主要分布在东北、西北、华北、华中和西南高山地带。常成纯林或与油松、桦木、云杉等混交分布，是杨树中分布最广、材积蓄积量最大的树种，也是森林草原、湿草原和干草原气候区唯一山地优势树种，可耐－50℃的高山低温，耐瘠薄，有较强抗旱能力。但是长期以来，由于山杨的育苗技术没有从根本上解决，导致山杨的遗传改良和山地人工造林相对滞后。传统上山杨苗木主要采用根蘖苗来造林，苗木的繁殖也采用根段繁殖的方法，但繁殖系数仍然比较小，难以满足造林的需求。基于此，我们在河南洛宁楸树嫩枝繁殖成功的基础上，进一步探索了嫩枝扦插育苗的可行性。

15.1 试验材料与方法

15.1.1 试验材料

选取黑龙江林业科学研究院培育的东北山杨1年实生苗。催芽基质是用细河沙和泥炭土按照1∶1的比例混均匀，用千分之一的多菌灵消毒后再用于埋干催芽。催芽在温棚进行，规格为240～480m²。温棚整平后，先撒施一遍呋喃丹，杀灭地下害虫，用量为5g/m²（3%粒剂），铺一层未经腐熟的纯牛粪，厚度10cm左右，在牛粪上撒施一层5cm厚的细沙，然后在细沙上面撒施3%呋喃丹＋25%多菌灵（1∶1）的混合药粉，用量为10g/m²，均匀撒施，喷一次清水，使催芽畦达到适宜温度。将楸树根段或干苗按粗细长短分级平摆在温棚催芽畦内，密度为根段与根段及苗干苗条与苗干之间间隔约2～3cm。然后根据根段、苗干的粗度覆盖湿润细沙5～8cm，进行保温保湿催芽，定时观测棚温与床畦温度，使其保持在床畦温度12～25℃，棚温15～30℃，相对湿度75%～80%。整个试验在河南省洛宁县良种繁育中心进行。

15.1.2 试验方法

3月25日开始埋干催芽，4月下旬开始拨取半木质化的萌芽，芽高5～15cm，然后用500mg/kg的吲哚丁酸浸泡10min，然后分别在营养杯和穴盘内进行扦插，育苗穴盘规格为28cm×54cm 50穴，扦插密度330株/m²，营养杯为8cm×8cm 255株/m²。插后第一周加遮阳网，用自动喷雾保持叶面湿度，白天以叶面水分干后开始喷雾，每次喷10～25s，以保持叶面湿润为原则，早晨、下午少喷，中午勤喷（10min

左右喷一次），晚上停喷，15d左右开始生根，逐渐减少喷水次数，延长喷水间隔时间，用调整时间来控制喷水量，扦插苗生根后15d，开始炼苗，主要是加强通风、减少喷水量、增加光照强度等。移栽前4天停止喷水。5月12日对4月18日扦插的穴盘苗和营养杯苗木分别抽取10株进行生根情况的调查。5月下旬进行大田移栽，10月底调查保存率，11月5日随机抽取50株苗木进行生长量的测定。

15.2 结果与分析

表15.1是山杨嫩枝扦插育苗苗木的生根测定结果。从表15.1可以看出，穴盘扦插生根率为90%，营养杯扦插生根率为80%，可见两种育苗容器扦插育苗效果都比较好，相比较营养杯扦插苗无论是生根率还是一级根数和最长根长均好于穴盘苗，其原因可能与容器的大小有关。

表15.1 山杨嫩枝扦插生根率情况

来源	种类	育苗容器	抽样株数/株	生根株数/株	生根率/%	一级根数/条	最长根长 /cm
东北	山杨	营养杯	10	9	90	9.2	12.5
东北	山杨	穴盘	10	8	80	6.0	9.4

表15.2为大田当年移栽苗木保存率测定结果。表15.2表明，山杨裸地移栽保存率达78% ，可见与马褂木移栽相同，移栽后遮阴管理对山杨来说也非常重要。当然与马褂木相比，裸地移栽山杨保存率要显著高于马褂木（5%），这可能与山杨抗逆性强有关。

表15.2 大田移栽山杨保存率调查

树种	移栽株数/株	保存株数/株	保存率/%
山杨	120	94	78

表15.3 山杨50株抽样苗木生长量平均值调查 （单位：cm）

编号	地径	苗高	编号	地径	苗高	编号	地径	苗高
1	0.82	102	8	0.75	71	15	1.1	167
2	0.9	125	9	1.2	139	16	1.05	137
3	1.15	156	10	1.35	164	17	1.1	124
4	1.35	148	11	0.8	73	18	0.85	90
5	1.12	156	12	1.4	180	19	1.5	172
6	1.48	152	13	1.25	158	20	1.56	163
7	0.7	75	14	1.26	157	21	0.9	125

续表

编号	地径	苗高	编号	地径	苗高	编号	地径	苗高
22	0.98	158	32	1.28	150	42	1.3	149
23	0.53	162	33	1.8	145	43	0.8	94
24	1.0	147	34	1.1	131	44	1.0	132
25	1.07	142	35	1.25	128	45	1.1	134
26	0.95	117	36	1.2	114	46	1.2	150
27	1.152	143	37	0.8	110	47	1.35	148
28	1.5	145	38	1.25	140	48	1.2	129
29	1.0	115	39	1.4	110	49	1.25	130
30	1.02	100	40	0.65	82	50	1.8	156
31	0.8	96	41	1.05	140			

表 15.3 为山杨移栽苗当年生长量调查结果。经统计，嫩枝扦插移栽苗当年平均苗高为 132cm、平均地径为 1.13cm，很明显山杨的生长量超过了马褂木(平均苗高 22cm、地径 0.73cm)。

15.3　结论与建议

(1) 采用温室埋干催芽的方法进行山杨嫩枝扦插育苗是可行的，扦插生根率能达到 80%以上，可以在生产上推广应用。与马褂木类似，需要进一步改进的是可先在温室进行 1～2 年生苗木进行盆栽，培育矮化型采穗圃，然后进行嫩枝扦插，以提高繁殖系数，实现规模化生产。具体操作时建议用根段繁殖的方法，先培育一部分苗，然后进一步扩繁培育成矮化盆栽采穗苗，在温室进行扦插育苗。

(2) 山杨嫩枝扦插苗的移栽技术环节非常关键，直接影响到保存率。因此，建议在山杨嫩枝扦插苗裸地移栽时也要给于适当时间的庇荫，以防苗木焦叶、干顶和死亡，提高苗木的保存率。

参考文献

王瑞勤. 1987. 毛白杨优树根萌条不定根起源和发育的观测. 北京林业大学学报，9 (3)：249～254
徐伟英. 1988. 杨树. 哈尔滨：黑龙江科技出版社
周彬. 1996. 东北森林培育的理论与实践. 北京：中国林业出版社
朱之悌. 1986. 毛白杨优树快速繁殖方法的研究. 北京林业大学学报，(4)：1～17

16 木本植物不定根发生的研究进展

16.1 无根试管苗不定根的产生

通过离体器官发生途径获得再生植株已广泛用于果树和林木等植物。在繁殖过程中，木本茎叶的再生一般比较容易，而不定根的诱导却比较难。

不定根根据发生方式的不同可分为直接器官发生（生根）和间接器官发生（根再生）。直接器官发生包括传统上采用扦插方式进行无性繁殖时使插条（茎、枝条、叶等）以及组织培养所得无根苗（shoot）形成不定根（adventitious root），即从非根组织所产生的根的过程。间接器官发生是指从愈伤组织中的拟分生组织分化出根原基进一步发育成根的过程。

两种不定根发生方式的难易、生根率高低因物种而异。但是无论哪种方式，其根原基的形成是十分重要的，经历了细胞的脱分化和再分化过程，最后形成根原基。根原基可分为潜生根原基和诱生根原基两种类型。潜生根原基是指植物组织在未脱离母体时就已形成的根原基。潜生根原基之所以没有长出根是由于环境限制，一旦离体，在合适的条件下几天就能形成不定根，如柳属、杨属、茶镳子属、楝属和锦紫苏属等，这些树种其不定根的形成是对外部刺激（损伤）的反应，属于易生根类型。诱生根原基类型是指本身不存在潜生根原基，不定根的发生必须从诱导根原基开始（Rcodrguez et al. 1993），大部分树种属于诱生根原基类型。根原基的诱导又因物种而异，一般来讲，木本较草本难，乔木较灌木难，成龄组织较幼嫩组织难（陈正华 1986）。另外诱导的条件不同，不定根产生的效果也不同，例如 Fabbri 等（1985）对奇异核桃（paradox）试管苗生根过程进行了组织学研究，发现迷雾状态下可直接产生不定根，其解剖结构正常；而在培养基中生根然后放在迷雾状态下硬化的，虽然其不定根存在木质部和韧皮部，但进一步分化受到阻碍；在培养基中诱导生根且生根后继续保持在培养基中的，要么木质部不规则、没有韧皮部，要么没有中柱鞘和海绵组织。Loewe（1996）发现不同的培养基不定根发生方式也不同：IBA_2 ＋Paclobutrazol $mg/L_{0-2.0}$诱导后，转入含 GA_3 的培养基生根率是 13％，茎基部没有发现根原基，长出的愈伤组织阻止了茎与新生的不定根输导系统的联系；转入无激素（包括 GA_3）培养基的生根率是 10％，没有愈伤组织的形成，根与茎的输导系统相通，这与 Berros 报道一致（核桃不定根起源于次生木质部附近的薄壁细胞，因此与茎部输导系统相通是同时进行的）；未经 IBA 处理的，只有愈伤组织的分化而无根的形成，但发现一些根原基。

不定根的形成是一系列脱分化再分化发育事件顺序性累积的结果。不定根的形成受许多因素控制，但不定根发生的难易主要是由基因型决定的（McGranaham 1985）。除此之外，外植体的生理状态（幼态、成熟态或老态）及其内部激素平衡等，以及一些未知因素也影响根原基的发生（Dnah Hansman 1986）。

16.2 外植体生理状态对不定根发生的影响

外植体的生理状态对不定根发生是至关重要的。对一些木本植物而言，只有幼态组织和器官及过渡态组织和器官才具有再生能力，成熟组织和器官则往往失去了再生能力，所以对来源于成龄组织的外植体进行复幼，使其处于良好的分生状态尤为重要。许多试验也表明：树木离体器官或组织由成熟状态转变成复幼（rejuvenation）状态时，表现为不定根形成能力的提高。幼化处理可在试管内或试管外进行。同一树种不同外植体的不同时期，所需培养基和培养条件均有差异（Hackett 1976）。把成龄树接穗嫁接于 1～2 年实生苗使其幼化或多次继代均可起到促进生根的作用，这在栎属、胡桃属和板栗上效果很好。栎属（Pardos 1981，Pierk et al. 1997）、榛子、阿月浑子、山核桃、板栗和橄榄等坚果树种，对成龄树进行重剪促其萌蘖的发生也是一个很好的幼化途径（Dinah Hansman 1986），针叶树种花旗松（Franclet 1979）和黑挪威云杉（Black 1972）、阔叶树种成龄栎（Quercus）、板栗成龄组织很难生根，但通过重剪或刻芽促使产生萌孽的方法获得了较为幼态的外植体，同时获得较高的生根率（Jinks 1995；Bonga 1992）。木本植物试管内复幼有时是选择幼化的器官作为开始分化的外植体，如胚或 1～2 年生实生苗，但胚和实生苗的高变异率不利于新品种的繁殖，所以对成龄组织进行幼化处理，获得较为理想的、同步性一致且利于不定根发生的试验材料，是决定试验成功与否的关键。

16.3 生长素类物质对不定根发生的调控作用

生长素类物质在不定根形成中起着关键作用（黄学林 1995；韩碧文 1993）。离体器官或组织不定根的发生多经生长调节剂处理（吲哚类生长素和 NAA 等），这些生长调节剂不仅通过改变内源 IAA 和 IAAsp（IAA-aspartate）的含量而起作用，它直接调节 IAA 氧化酶，同时还可以间接地改变生长素保护剂，即一些相对分子质量高的物质（Blakesley et al. 1994），它能抑制 IAA 氧化的水平或诱导产生新的保护剂（郑均宝 1987）。如核桃经 IBA 处理后内源 IAAsp 与 IAA 含量变化规律相似，很快达到一个瞬时高峰；但是 IAAsp（12h）先于 IAA（36h）达到高峰（Heloir et al. 1996），可见 IAA 不是生根的第一个信号，可能是 IAAsp 促进生根，IAA 利于根发端；诱导后的试管苗转移到蛭石

＋DKW 基质中时 IAAsp 与 IAA 含量保持相对稳定的水平（Heloir et al. 1996；Gatineau et al. 1997），不定根的伸长及生长阶段不需要高水平的 IAAsp 和 IAA。在不定根发生的过程中（启动已组织化的细胞分裂和细胞脱分化形成拟分生组织），已发现一些生长素调控的基因和特异蛋白，所以在不定根发生过程中，生长素是通过与受体蛋白结合还是与基因直接发生作用值得进一步研究。

许多试验证实，生长调节剂是通过影响内源激素水平，进而调节植物形态发生的，例如经生长调节剂处理后，IAA 迅速增加达到一个瞬时高峰，之后下降，经过一定时间再保持水平不变；同时 IAA 分布表现为两端高中间低，原因可能是对损伤产生的反应。另外生长调节剂影响内源激素水平还明显地表现在转生长素基因的研究中，*iaaM*（编码吲哚乙酰胺水解酶）和 *IaaM*（编码色胺酸单加氧酶）基因是合成生长素有关的基因，如果将转 *iaaM* 和 *IaaM* 基因的烟草叶柄培养在不含生长调节剂培养基上，两周后可以形成根；结果表明内源生长素受外源生长调节剂影响。可见外源生长调节剂对不定根的形态建成中起着重要作用。

为了研究的方便，往往人为地把不定根的形成分为 3 个阶段：诱导期、根原基发端、根的发育和伸长期（有的分为两个或四个阶段），每个阶段各有其生理生化特征及其相应调控激素（黄学林 1995）。许多试验表明：根原基的发端需要较高浓度的生长素，诱导期是生长素累积的过程，累积到一定程度便刺激根发端，而根原基的伸长和生长则可以在没有外源生长素下实现，即不定根发生不需要始终都处于较高的生长素状态下（Gaspar et al. 1997）。从根原基的诱导到开始出现不定根的时间因品种而异，快的只需 3～4d，慢的则需要 3～4 周。不同植物对生长素种类、浓度要求不尽相同，最常用的外源生长调节剂是 IBA 和 NAA，使用浓度在 0.01～1mg/L；而目前关于坚果生根的报道多在 3～5mg/L 之间，不同树种使用浓度之所以存在差异可能与材料本身所含生长素含量及其对生长素的敏感性有关。目前许多植物的离体组织可以诱导生根，但是大部分植物，尽管经过生长素处理，仍不能生根，是没有找到合适的浓度还是由于其他原因使加入的生长素并没有起到作用仍不十分清楚。另外，在真核细胞中往往存在着 CG 序列中 C_5 甲基化现象，试验表明：甲基化程度越高，基因转录活性越低，而去甲基化则与转录激活相联系。一些难生根组织是否由于甲基化程度过高，使得生长素不能调节基因表达值得考虑。目前去甲基化试剂已在一些植物组织器官得以应用，常利用去甲基化试剂 5-氮胞苷（5-azacytidine）来改变基因表达和细胞分化的状态（原因是 5-氮胞苷可以在 DNA 中取代胞苷，由于其没有游离的 5-H，而不能接收甲基）。

一些研究表明，不定根发生过程不仅仅取决于内源生长素含量，还涉及与其他激素的平衡。ABA 通过与 GA 拮抗作用而促进生根，IAA 和 ABA 含量受多种因素的影响，变化幅度较大，但 IAA/ABA 值变化较小，在一定范围内比值高利于不定根的发生，过高过低都不利于不定根的发生；此外，IAA/ABA 值的高

低反映离体器官的幼化程度（郑均宝等　1999）。

16.4　多胺和酚类化合物对不定根发生的影响

近年来随着对多胺了解的加深，发现生长素不再作为生根的唯一的控制因素（Gaspar et al.　1997），多胺在一些植物根诱导中起着重要作用（Tiburcio et al.　1990；田长恩　1992）。许多研究表明外施多胺（尤其是腐胺）利于不定根的发生，在不定根形成过程的中，外源生长素在根出现之前促进内源多胺的积累，腐胺（PUT）在生根过程中的变化规律与生长素相似。在一定范围内腐胺单独使用能促进不定根的发生，与IBA结合具有协同促进生根，其作用主要表现在诱导期，因此，一些木本植物往往通过外施多胺来解决生根难这一问题（Rugini　1988）。不同多胺对根的作用不同，通过对杨树茎段生根过程中一系列生理生化分析发现，转入生根培养基6～7h后，腐胺有一个瞬时高峰，发生时间与IAA出现高峰时间相近，随后迅速下降，但是精胺和亚精胺含量没有明显变化；而没有生根的试管苗腐胺没有这一瞬时高峰，在根诱导初期加入多胺合成抑制剂DFMA和DFMO抑制杨树生根、促进内源腐胺积累的CHA（可抑制PUT转变成精胺）促进生根，氨基胍（AG）由于抑制腐胺转变为γ-氨基丁酸（GABA），在没有外源生长调节剂单使腐胺可促进杨树生根（Hausman et al.　1994）。但少数研究表明，外植体生根过程并没有游离多胺积累，外加多胺合成抑制剂反而促进生根。有资料表明：尽管在烟草叶外植体生根过程中没有游离腐胺积累，但结合态PUT（hydroxycinnamoyl-putrescine）含量却增加很多，并且结合态腐胺与游离腐胺之间有一定关系（田长恩　1992）。腐胺的作用机制可能是：①腐胺的代谢过程产生H_2O_2，H_2O_2使得与IAA代谢有关的过氧化物酶失活，从而提高内源生长素的水平；②产生的H_2O_2在基因表达中起作用（Gaspar et al.　1997）；③有人认为腐胺和IAA共同控制细胞分裂周期，在根诱导阶段促进细胞分裂；④多胺促进生根与否取决于两个条件：其一是转入诱导生根培养基时材料本身自由多胺的含量，其二是诱导前两天自由态多胺转化成结合态多胺的趋势，这在橄榄上得到证实；而生根不需多胺的则没有发现结合态多胺积累；如果植物本身多胺含量很高，外施多胺可能会破坏利于生根的多胺水平，这或许可以解释一些植物为什么外施多胺反而使生根率降低、外施多胺合成抑制剂反而促进生根的原因，但目前对结合态多胺的作用机制还不明确，需要进一步深入研究探讨（Rugini et al.　1993）。

此外，酚类化合物对组培苗生根具有促进或抑制作用，这是它们与生长素相互作用的结果。邻位酚类化合物是IAA氧化酶的抑制剂，通过对IAA氧化酶的抑制而提高生长素的浓度，如果酚类化合物被清除后，IAA氧化酶活性迅速提高（黄学林等　1995）。Hess（1969）证实邻苯二酚和邻苯三酚对IAA促进生根

起增效作用，其主要作用是邻位二羟基的存在是抑制 IAA 氧化酶活性的结构要求，但也有报道，间苯三酚和氢醌对绿豆插条生根有促进作用，89mg/L 间苯三酚与 1g/L IBA 使阿月浑子获得 60%的生根率。

内源的生根抑制物质存在是一些植物生根难的一个原因，这在澳大利亚大桉（*Eucalyptus grandis*）和板栗等（Vieitez et al.　1980）得到证实。暗处理对一些木本植物根系诱导期是必需的，如核桃属、板栗、杏属、橄榄和杏（Rugini et al.　1993）。原因是暗处理可以降低 POD 的活性，增加生长素保护剂的水平（Druart et al.　1982），同时暗处理可促进多胺累积，相反的报道有：暗处理不促进多胺积累却能提高生根率（Arnold et al.　1984），对一些植物并不需要暗处理。可见暗处理的作用值得进一步研究。

16.5　生长素基因转化木本植物

一些难生根的植物通过生长素基因转移可明显提高生根率。Rugini（1991）用带有 *rolA*、*rolb* 和 *rolc* 的 T-DNA 片段转化猕猴桃，明显的提高了猕猴桃的生根率，并证明 T-DNA 中 *rolb* 在发根的诱导中的主要作用。因而在不易生根的木本植物中使用 *rolb* 基因对于解决生根难的问题是有益的，目前已有用发根农杆菌侵染，诱导或促进生根的报道，如：苹果、欧洲榛、松属、落叶松属、扁桃、橄榄等。实践表明，发根农杆菌不仅对枝条而且对叶片、茎段（离体）都能诱导生根，可见发根农杆菌 Ri 质粒上的生长素合成基因对促进难生根植物发根有一定的作用，值得研究。

16.6　促进核桃生根措施的研究

外施腐胺、精胺、亚精胺可促进核桃不定根的形成，其中，以精胺促进生根率最高，达 31%，根数达 3.2 条/株；使用浓度是 30～75mg/L，过高或过低都使它们诱导的生根百分率下降；而在其较适浓度与 IBA 配合使用时，则表现出促进生根的协同效应，精胺与 IBA 的协同效应最高，生根率达 69%（陈伟 1994）。但 Rugini（1993）报道，外施多胺降低核桃组培苗的生根率，因为：①核桃组培苗中多胺的含量较高，外施 PUT 增加了内源多胺的含量，过量多胺的存在抑制了不定根形成。②不同的酚类化合物对核桃不定根发生作用不同，胡桃醌不利于生根，而与 5-羟色胺配合使用在没有生长素的情况下可诱导生根，但单独使用没有促进作用。黄酮醇对生根有强烈的抑制作用，而其杨梅黄酮苷利于生根（Jay-allemand et al.　1993，1995）。单元酚中的对香豆素和香草酸抑制胡桃试管苗生根，而与 IBA 配合使用时，生根率分别降低 28%和 24%；二元酚中的槲皮酮和芦丁对不定根的形成有促进作用，而且槲皮酮比芦丁诱导生根的效

果更佳，当这两个二元酚和 IBA 结合使用时，则大大促进根的形成，并产生比单一使用 IBA 好得多的相加效应，其中，槲皮酮和 IBA 最佳组合的生根率达 81%，根数达 4.8 条。这表明槲皮酮不仅提高生根率，而且还能促进根数的增加，同时提高生根质量（陈伟 1994）。③茎基部 0.8～1cm 进行抹芽处理可以大大提高生根率，而且生根能力与抹芽数成正比。抹芽提高生根能力的原因可能是提供生根部位（核桃不定根发生于茎基部至距茎基部 0.8～1cm 范围内），同时，抹芽可以使无根苗造成损伤从而刺激不定根的发生。④发根农杆菌对生根的作用，Caboni 等（1996）用野生型发根农杆菌（*Agrobacterium rhizogenes*）（wild-type，strain 1855）对核桃继代苗基部进行侵染试验发现：无生长素的生根率 58.6%，根的维管组织与茎输导系统是相通的；附加 IBA 的生根率为 62.9%，但有愈伤形成，根的维管组织与茎输导系统是不相通的；NAA 存在的情况下不能诱导生根；没有发根农杆菌侵染的，无论有无 IBA、NAA 都没有不定根的发生。

参 考 文 献

曹孜义，刘国民．1996．实用植物组培技术教程．兰州：甘肃科学技术出版社

陈伟．1994．生长调节剂、酚类化合物和多胺对胡桃组织培养生根的影响．福建农业大学学报，（21）：490～494

陈正华．1986．木本植物组织培养及其应用．北京：高等教育出版社

哈特曼 HO，凯斯特 DE．1985．植物繁殖原理和技术．郑开文，吴应祥，李嘉乐等译．北京：中国林业出版社．167～169

韩碧文，李颖章．1993．植物组织培养中器官建成的生理生化基础．植物学通报，10（2）：1～6

黄学林，李竣菊．1995．高等植物组织离体培养的形态建成及其调控．北京：科学出版社

刘桂珍，梁国平，王兰岚等．1997．巴西木的组织培养和快速繁殖研究．园艺学报，24（3）：303～304

刘淑兰，韩碧文．1986．核桃（*Juglans regia* L.）的离体繁殖．北京农业大学学报，12（2），113～117

罗建勋．1997．南洋杉组织培养与快速繁殖研究．园艺学报，24（1）：100～102

裴东，奚声珂．1998．核桃早实品种微枝接穗试管扩繁技术的研究．林业科学研究，11（4）：350～354

齐力旺，韩素英，扬风英等．1997．金黄球柏离题培养及快速繁殖研究．园艺学报，24（1）：75～78

谭文澄，戴策刚．1998．观赏植物组培技术．北京：中国林业出版社

田长恩．1992．多胺在离体培养的植物组织形态建成中的作用．植物生理学通讯，28（3）：230～232

郑均宝，梁海永，王进茂等．1999．杨和苹果离体茎尖培养和愈伤组织分化与内源 IAA、ABA 的关系．植物生理学报，25（1）：80～86

郑均宝，裴保华．2000．林学技术与基础研究文集．北京：中国林业出版社．50～56

Arnold S，Eriksson T. 1984. Effect of agar concentration on growth and anatomy of adventitious shoots of *Picea abies* Karst. Plant Cell Tissue and Organ Culture，3（3）：257～264

Barghchi M，Alderson PG. 1983a. *In vitro* propagation of *Pistacia vera* L. from seedling tissues. Journal of horticultural science，57：435～445

Barghchi M，Alderson PG. 1983b. *In vitro* propagation of *Pistacia* spiecies. Acta Horticurae，131：49～60

Berros B，Astorga R，Rey M et al. 1993. Rooting studies on '*in vitro*' walnut tissues：aging effect. Acta Horticulture，311：105～116

Black DK. 1972. The influence of shoot origin on the rooting of Douglas-firstem. Cutting Proc Intl Plant Prop Soc, 22: 142～157

Blakesley D. 1994. Autin metabolism and adventitious root itiation. In: Davis T D, Haissig B E. Biology of adventitious root formation. New York: Plenum Press. 143～154

Bonga JM, Von Aderkas PM. 1992. *In vitro* Culture of Tress. Springer. 55～69

Caboni E, Damiano C, Lauri P. 1996. Root induction by *Agrobacterium rhizogenes* in Walnut. Plant Science Shannon, 118 (2): 203～208

Centeno M L, Rodriguez A, Feito I et al. 1996. Relationship between endogenous auxin and cytokinin levels and morphogenic responses in *Actinidia deliciosa* tissue cultures. Plant Cell Reports, 16: 58～62

Damiano C, Archilletti T, Caboni E et al. 1994. *Agrobacterium* mediated transfirmation of almond: *in vitro* rooting through localized infection of A. *rhizogenes*. W T Acta Horti, 392: 161～169

Dinah H, Catherine Owensy de Novoa. 1986. Micropropagation of temperate nut trees. Horticultural Abstracts, 56 (6): 403～416

Druart PH, Kevers C, Boxus Ph et al. 1982. *In vitro* promotion of root formation by apple shoots through darkness effect on endogenous phenols and peroxidases. Zeitschrift fur Pflanzen Physiologie, 108: 429～436

Eddo R, Antonella J, Maria L. 1993. Role of basal shoot darkening and exogenous putresline treatments on *in vitro* rooting and on endogenous polyamine changes in difficult-to-root woody species. Scientia Horticulture, 53: 63～72

El-Euch C, Jal-Alleman DC, Pastuglia M. 1996. Modification of the expression of phenolic metabolism in walnut microshoots and reactivity *in vitro*. Acta Botanica Gallica, 143 (6): 547～553

Fabbri A, Bartolian G. 1985. Anatomical observations on the roots of vegetatively propagated Paradox Plantlets. Rivista-di-Frutlicolturae-di-Ortofloricoltura, 47 (11): 43～46

Franclet A. 1979. Rajiunissement des arbres adultes en. Vue de leur propagation vegetative, AFOCEL. Etud Rech, 12: 3～8

Gaspar T, Cabonie, Tonelli MG et al. 1997. Biochemical aspects of almond microcutting related to *in vitro* routing ability. Biologia Plantarum, 39 (1): 91～97

Gatineau F, Fouche JG, Kevers C et al. 1997. Quantitative variations of indolyl compounds including IAA, IAA-aspartate and serotonin in walnut microcuttings during root induction. Biologia Plantarum, 39 (1): 131～137

Hackett WP. 1976. Control of phase chang in woody plants. Acta Horticulture, 56: 143～154

Hansman D, Novoa CO. 1986. Micropropagation of temperate nut trees. Horticultural Abstracts, 56 (6): 403～416

Hausman JF, Gevers C, Gaspar T. 1994. Involvement of putrescine in the inductive rooting phase of poplar shoots raised *in vitro*. Physiologia Plantarum, 92: 201～205

Heloir MC, Kevers C, Hansman JF et al. 1996. Changes in the concenctations of auxins and polyamines during rooting of *in vitro* propagated Walnut shoots. Tree Physiology, 16 (5): 515～519

Jay-Allemand C, Peng S, Capelli P et al. 1993. Micropropagation of hybrid Walnut trees. Acta Horticulture, 311: 117～123

Jinks RL. 1995. The effects of propagation environment on the rooting of leafy cutting of ash, sycumoye and sweet chestnut. New Forestry, 10 (2): 183～195

Jouanin L, Eleuch C et al. 1997. Characterization of antisense chalcone synyhase transgenic mcrocutings. Proceeding JOFRO meeting somatic cell genetics and molecelar question of tree: gent. 26～30

Lakshmanan P, Lee C L, Goh C J. 1997. A efficient *in vitro* method for mass propagation of a wood ornamental *Ixora coccinea* L. Plant Tissue Reports, 16 (8): 572～577

Loewe V. 1996. Histo-anatomical analysis of rooting in Walnut (*Juglans regia* L.) *in vitro*. Rivista-di-frulticolturae-di-Ortofloricoltura, 52 (12): 57～61

Marie-claire H, Claire K. 1987. Changes in the cincentrations of auxins and polyamines during rooting of in-vitro-propagated walnut shoots. In: Cell and Tissue Culture in Forestry. Bonga J M et al. vol. 3. Martinus Nijhoff, Boston. 261～271

Marks T R, Sally E Simpson. 1990. Reduced phenolic oxidation at culture initiation *in vitro* following the exposure of field-grown stockplants to darkness or low levels of irradiance. Journal of Hortoicultural Science, 65 (2): 103～111

McGranahan G H, Forde H I. 1985. Genetic improvement. In: Walnut Orchard Management.

Nordstrom A C, Eliasson L. 1991. Leveles of endogenous indol-3-acetic acid during adventitious root formation in pea cuttings. Plant Physiol, 82: 599～605

Nordstrom A C, Jacobs F A, Nordstrom A C. 1991. Effect of exogenous indrole-3-acetic acid and indole-3-butyric acid on internal levels of the repective auxins and heir conjugation with aspartic acid during adventitiou root formation in pea cuttings. Plant Physiol, 96: 856～861

Pardos J A. 1981. *In vitro* plant formation from stem pieces of *Quercus suber* L. , in IUFRO-Afocel, collogue international sur la. Culture *in vitro* des essences forestieres. Fontainebleau, France. 186～190

Patena L, Sutter E G, Dandekar A M. 1988. Rooing induction by agrobacterium rhizogenes in a difficult-to-root woody species. Acta Hort , 227: 324～429

Piagnani C, Eccher T. 1988. Factors affecting the proliferationand rooting of chestnut *in vitro*. Acta Horticulture, 311: 117～123

Pierik R L M, Oosterkamp J. 1997. Factors controlling adventitious root formation of explants from juvenile and adult Quercus robur 'Fastigiata'. Scientia Horticulture , 71: 81～92

Ripetti V, Kevers C, Gaspar T. 1994. Two successive media for the rooting of walnut shoots *in vitro*. Changes in peroxidase activity and in ethylene production. Advances-in-Horticultural-Science , 8 (1): 29～32

Rugini E. 1988. Somatic embryogenesis and plant regeneration in olive. Plant Tissue and Organ Culture, 14 (3): 207～214

Rugini E, Marrotti D. 1992. Agrobacterium rhizogenes T-DNA genes and rooting in wood species. Acta Hor, 300: 301～308

Rugiw E, Tacboni A, Luppino M. 1993. Role of basal shout darkening and exogenous putrescine treatments on *in vitro* rooting and on endogenous polyamine changes in difficult to root woody species. Scientia Houticulturae, 24: 123～124

Stephens L C, Krell S L, Domoto P A. 1991. *In vitro* propagation of *Juglans regia*, 'ISU71-3-18'. 81st annual report of the Northern Nut Growers' Association Publ. 122～126

Tiburcio A F, Kaur S R, Galston AW. 1990. Polyamine metabolism in plant. In: The Biochemistry of Plant. Acdemic Press. 66～78

Vietez A M, Ballester A, Vietez M L. 1983. *In vitro* planted regeneration of mature chestnut. Journal of Horticultural Science, 58: 457～463

附录：4个树种的繁育技术要点

优质核桃品种室内嫁接育苗技术要点

早实优质核桃品种具有结果早，皮薄、隔膜退化、能取整仁，出油率高，易丰产，易管理，易储运等特点，是一种很有发展前景的树种。在我国，核桃的繁殖长期采用实生繁殖方法，后代变异很大，使优良的遗传性状不能稳定的遗传，另一方面，核桃优良品种的无性繁殖一直是一个难题。由于其体内伤流和核桃醌的存在，严重影响嫁接或扦插苗木愈伤组织的形成，使成活率一直不高，国外嫁接成活率也仅有60%左右。

为加快核桃良繁速度，使核桃冬季室内嫁接规范化，提高嫁接成活率，加快优质薄皮核桃产业的发展，室内冬接的具体事项分述如下。

1 砧木和接穗

1.1 砧木

1.1.1 砧木的种类和规格

核桃室内嫁接砧木必须是本砧，即普通核桃的实生苗。

规格要求：枝条充实，地上5～10cm，直径达到1～1.5cm，径高比(1∶40)～(1∶50)，无病虫危害，无冻害的一年生核桃实生苗。

1.1.2 砧木苗的起苗、假植和运输

（1）起苗。用于室内嫁接的砧木苗秋末落叶后必须起苗假植。起苗时主根保留长度18cm以上，无劈裂，无创伤，须根完整，边起苗边进行临时假植。

（2）运输。核桃砧木苗运输必须有保湿措施，必须在0℃以上的环境中运输，确保在运输途中苗木不失水，不受冻害。

（3）假植。采用深沟假植，沟深80～100cm，宽100～150cm，沟长根据苗木多少和地况而定。假植时苗木倾斜70°～80°左右，单株摆放，湿沙土或沙壤土培根（湿沙标准：手握成团，松开即散)，培土厚度以基本埋没苗木为准，也可视气温情况增加或减少厚度，土壤封冻前将苗木全部埋没，并覆部分树叶或草保温。

1.2 接穗

1.2.1 接穗的选择与采剪

（1）品种要求。嫁接的品种必须是国家、省、市、主管部、主管局确定在本地区推广的核桃优良品种和品系，或在本地区适应，丰产、稳产经生产认可的

品系。

(2) 质量和规格要求。采穗的母株必须品种纯正，系号、产地清楚。无病虫害，木质化程度好，枝条充实，芽体饱满，以雌花为主的，中部直径1～1.2cm，梢部直径0.8cm以上的健壮枝条。

1.2.2 采穗的时间和方法

在严冬到来之前的11～12月采剪，有条件的地区也可以随采随接，采剪时，选择母株上符合接穗质量要求的二次枝、三次枝、徒长枝、发育枝和长结果枝采剪。接穗采下以后，要剪截成50～70cm的标准接穗，去掉无效枝、杈，进行初步整理，以便于运输。

1.2.3 接穗的运输、封蜡和储藏

(1) 运输。核桃接穗长途运输必须采用塑料薄膜密封包装，分品种，做标记，每100个标准接穗为一包，写好标签，注明采集时间、地点、品种，并在包装内放入适量湿稻草或湿锯末保湿。

(2) 封蜡。需要储藏的接穗都要进行封蜡，长期储存整穗封蜡，短期储存两头封蜡，即用部分可不封。封蜡时的蜡块用水浴法加热，蜡液温度保持90～95℃，蘸蜡动作要敏捷迅速。

(3) 储藏。核桃接穗采用低温储藏。适宜温度3～5℃，极限温度为0℃和7℃。储藏时要分品种，每100个接穗为一包，内放适量的湿稻草或湿锯末，放入注明品种、采穗时间和地点的标牌，然后进行密封包装，放入冷库或冷藏室存放。春季气温回升后，要注意储藏室温度不能回升过高，可以隔热保温或加冰块降温，最高温度不能超过7℃，核桃接穗切忌直接湿沙埋藏。

2 室内嫁接的设施和设备

核桃室内嫁接的主要设施有：操作室（嫁接室）、催醒室、移栽室（棚）和储藏室四部分。在设计和建造时，要考虑水电供应，有利于规范化管理，有利于集中采暖和作业方便，将4个部分建在一起，形成一个集约化小区。

2.1 操作室

操作室是嫁接操作的场所，须具备以下条件：

(1) 场地。场地面积大小依据嫁接任务大小而定，一个嫁接作业组需10m^{2}左右。

(2) 设备。每一个作业组需要专用嫁接床一张、扁铲两把、枝剪两把、电工刀两把、小筐两个和麻袋两个、塑料带或果树伤口专用胶带。操作室内还必须具备取暖设备，如火墙、暖气，但切忌生炉火。使室温保持在15～18℃。

2.2 催醒室

催醒室是砧木、接穗催醒以及嫁接体愈伤萌芽的场所。

2.2.1 催醒床的规格与建造

温床的大小和数量根据年度生产计划而定。一般嫁接1万个嫁接体，需建嫁接体催醒温床10m² 左右，配套砧木催醒床3～4m²。温床为长方形，内径宽1.5～2.0m，长度根据催醒室大小而定，温床采用沙灰、砖结构，围墙高60～70cm，墙厚12cm，围墙必须坚固，严密不透气，四周与房屋的墙壁之间留有50cm以上的作业通道。

2.2.2 地热线的铺设

温床底首先铺5cm粗锯末或珍珠岩，平整踏实后再铺设5cm厚的沙子，整平后再铺地热线。地热线的铺设密度为5～7cm，原则是两边稍密，中间稍稀，两头用竹签、木板、钉子固定。地热线上再铺一层苇席或苇帘，使之与催醒基质隔开。使用地热线时要注意：地热线要全部埋在基质内，两头导线露出与控温器相连，以达到自动控温的目的。地热线如发生绝缘层损坏或断裂漏电现象，必须更换新线。

2.2.3 基质的准备与铺放

(1) 基质的选择和消毒。温床基质一般采用粗锯末。锯末必须新鲜、干净、无霉烂和杂质。为增加透气性，较细的锯末要掺一些电刨刨花。

基质入床前首先要消毒和加湿处理，消毒用40%甲基拖布津1000倍水或多菌灵等水溶液喷雾并充分搅拌，加湿要用温水，将湿度调整到55%～60%（手握成团，手松开即散）。基质消毒每年嫁接前进行一次。湿度调整随时进行。催醒床基质铺放厚度40cm。

(2) 取暖、保温和保湿措施。催醒床上面要用塑料拱棚密封，拱高80cm，小棚内挂干湿球温度计，温度可用电热线调节，保持25℃左右，湿度要求80%以上。

催醒室要有取暖设备，使室温达到20～25℃。取暖设备用暖气、火墙，但忌在室内生炉火。

为保持催醒室湿度，地上铺部分新砖，并经常向上泼水以使砖块始终有较高的含水量，达到保持室内湿度的目的。

2.3 移栽室（棚）

移栽室即温室大棚，用于愈合、萌发成活的嫁接体的栽植。

2.3.1 移栽室（棚）的建造和保温措施

移栽室应建在背风向阳处，座北向南。大棚宽7～8m，长以地况和栽苗多少而定，一般最长不超过50～60m。北墙和两山墙建成双层隔热保温空心墙，墙宽60～70cm。北墙高度不低于2.5m。建移栽室（棚）的数量依生产任务大小而定。每1m² 有效使用面积可栽苗40～60株。大棚须有保温取暖设备，使大棚温度保持在15～25℃，最高不超过30℃，最低不低于8℃。取暖设备采用暖气或火墙，棚内忌生炉火。棚外保温、降温、遮阴用稻草帘、蒲草帘或遮光网。

2.3.2 地热线的铺设

地热线铺设深度为 35cm 左右，线间距 40cm，铺线前首先在线下铺 10～15cm 马粪，以利保温阻止热量向下扩散。

2.3.3 土壤改良

棚内土壤要施足腐熟的有机肥，调整和改良土壤结构，提高有机质含量。

2.4 储藏室

用于接穗和催醒后嫁接体的储藏。储藏室最好用冷库，也可用地窖，建地窖时要采用隔热材料，建成全地下或半地下，窖内温度 3～5℃。极限温度 0℃和 7℃。

3 嫁接

3.1 砧木和接穗的催醒

3.1.1 温床温度的预置和调试

砧木催醒室用砧木专用床，接穗催醒用嫁接体催醒床。使用前 2～3d，首先对温床的温度进行调试和预置。砧木催醒床预置温度为 20～25℃，嫁接体催醒床预置温度为 27℃，嫁接体催醒床控温器的感温探头插入深度与埋嫁接时，接口深度相同。经过 2～3d 的调试，当温度稳定并达到要求时投人使用。

3.1.2 砧木催醒

嫁接前 12～15d 将嫁接的砧木苗取出，剔除不合格的苗木，将合格的砧木苗倾斜埋在催醒床上，当砧木苗顶芽及其附近的芽鳞片开裂即将萌动时即可开始嫁接，一般需要催醒 12～15d。

3.1.3 接穗催醒

根据嫁接日期，蜡封接穗提前两天，未蜡封直接储存的接穗提前 1d，先采接穗，经喷水、化冻、吸水后提前 1～2d，埋到嫁接体催醒床内进行催醒。

3.2 嫁接

嫁接采用流水作业法，一般 5 人。

3.2.1 砧木苗整理

首先对经过催醒的砧木苗再次筛选，剔除霉烂、变黑和有病害的苗，然后对砧木进行整理，主根保留 15cm 剪断，并短截过长须根，然后在根茎以上 10～15cm 光滑通直处剪断砧木。

3.2.2 接穗的选择及其与砧木的匹配

选择没有失水和变质现象、芽体饱满的接穗，并同时与砧木匹配，选择粗度一致的进行嫁接组合。

3.2.3 嫁接方法

采用舌接法。砧木和接穗的削切长度为 4～5cm，再在斜面顶部 1/3 处用电工刀开一接舌，舌口深度 1.5～2cm，削好后要立即插合，务必使砧、穗形成层

对齐。接穗保留一个饱满芽，在芽上 1～1.5cm 处剪断。

3.2.4 绑缚

插接以后要立即绑缚，绑缚材料一般用塑料条或果树伤口专用胶带。绑缚要紧，避免接穗脱落，然后放在湿麻袋片上立即盖好。

4 嫁接体催醒

4.1 嫁接体催醒及摆放方法

每嫁接 100 个左右，一次将嫁接体放到已调试好的温床进行催醒。

嫁接体在温床上稍倾斜，单层，单株摆放，主根最下端距地热线 5cm，接穗顶端埋没深度 5～10cm，接体之间必须填实基质，根系不能相互密接，一般每 $1m^2$ 摆放 200～250 个嫁接体。

4.2 催醒期间的管理

4.2.1 基质温度

温床上要分别在接口埋放部位和砧木根部各插一支温度计，经常检查并监视温度变化，当接口处温度升至 27～28℃，砧木根部温度超过 30℃时就要断电，以后一般靠嫁接体自身代谢产热即可维持催醒所需温度。当温床基质温度过高，15cm 处温度超过 28℃时要翻倒基质降温，温度太高时掺入适量凉锯末，温度低于 26℃要通电加热，以保证接体正常愈合。

4.2.2 基质湿度

温室内基质湿度超过 65%，采用翻倒晾晒或掺锯末方法降低湿度；基质湿度低于 50%时结合翻倒，喷水加湿。每次翻倒，注意检查萌芽愈合情况，并注意及时掰除砧木上的萌芽，每批嫁接体一般需要翻倒 2 或 3 次。

4.2.3 催醒时间和程度

嫁接体催醒完成愈合的时间随温度和嫁接时期的变化而变化。一般需要 8～15d。当接穗顶部剪口出现一圈愈伤组织或已经愈合时说明接口已经愈合，是完成催醒的标志。将完成催醒的嫁接体出床分检：接穗萌动芽成握手状的，直接进入大棚移栽，未萌动或刚刚开始萌动的再延长一段储藏时间，萌动芽成握手状时再栽，或将以萌动但未萌芽的接体封蜡放入地窖储藏。

为提高嫁接移栽成活率，适当延长催醒时间，将嫁接体分批出床进行移栽。即将催醒时间延长到 20d 左右，这期间分 2 或 3 批，将达到移栽标准的移入大棚栽植，最后将剩余的一小部分仍未萌动的嫁接体，单独加密栽入大棚或封蜡储藏。

5 嫁接体的储藏和移栽

5.1 嫁接体的储藏

5.1.1 嫁接体封蜡

封蜡是嫁接体储藏前的重要环节，封蜡程度：接口以上部分或全部封蜡，蜡

液采用水温加热法，温度 90～95℃，蘸蜡动作要迅速，防止烫伤。

5.1.2 储藏方法

首先储藏室地上铺 10cm 厚的干净湿沙，然后将嫁接体倾斜单株摆放，湿沙培根，根系之间用湿沙填实，嫁接部位以上部分露在空间。储藏温度要求 3～5℃。

5.2 室内移栽

5.2.1 移栽室（棚）温度

室内移栽关键因素是地温。为了提高地温，日光型温室要在 10 月底以前扣棚（落叶前后），地热线也要在栽苗前 7d 左右接通电源，将 20cm 深的地温调试到20～25℃。

5.2.2 移栽密度

室内移栽株行距为（8～10）cm×（20～25）cm，每 $1m^2$ 有效使用面积栽苗 40～60 株。

5.2.3 栽植方法

按规定行距用直锹切沟，沟深 18～20cm、宽 8～10cm，将嫁接体按要求摆好，然后扶正并使接口露出地面。用土培根，踏实浇足水，水渗后再覆土与地面平。

移栽时要求：一是行直，株间距均匀；二是栽植深度以接口露出地面为准；三是每隔 2m 留一宽 30cm 作业道，以便观察温度、锄草除萌等管理用。

5.2.4 栽后管理

（1）栽后 10d 以内每天喷水数次。

（2）控制和保持移栽室地温最低不低于 18～20℃，气温不低于 8℃。

（3）保持大棚内空气湿度不低于 80%。

（4）每隔 15～20d 喷一次 40%甲基拖布津 1000 倍水溶液或 40%多菌灵 600 倍液，并可结合根外叶面追肥。及时疏除雌雄花器、小果，注意松土除草。进入无霜期前后，4 月底至 5 月初逐步放风练苗一周左右，然后揭棚，进入野外自然生长阶段。

5.3 室外移栽

用于经过储藏的嫁接体的移栽，室外移栽，4 月上旬进行，有培土法、塑料简易棚法和套塑料筒法三种方法。

5.3.1 培土法

按株行距 30cm×70cm 开沟栽苗，深度以接口露出地面为准，培土后轻踏，浇足水，水渗后地面培土成垄，接穗顶端露出地面 1cm。栽后每天垄上喷水一次，直到接穗萌芽拱土。垄上土直到接穗萌芽长到 30cm，且基部木质化后才能扒开。

5.3.2 塑料简易棚法

简易棚高1.2～1.5m，宽3～5m，用水泥杆、木杆、竹杆和竹板建起，此种简易棚投资少，搭建容易，透光好，地温上升快，适于3月底至4月上、中旬，无冻无霜前使用。栽前10～20d扣棚。苗木栽植株、行距30cm×50cm，开沟深度以接苗口与地面相平为宜。栽后浇足水，10d内每天喷水3～5次。15d喷药一次。此法苗木生长快，全年生长量大，一级苗率高。

不足处：注意倒春寒，做好保温防冻。

5.3.3 套塑料筒法

按密度30cm×50cm栽苗，深度以接口露出地面为准，覆土、浇水，地上部分套一特制塑料筒，内装潮土，没过苗顶1～2cm为准，筒顶折叠封死，筒外培土。7～10d接穗芽萌动以后打开上口。新梢基部木质化后去掉塑料筒。其他除草、松土、喷药管理同上。

核桃高接技术要点

核桃高接在我国虽有二三百年的历史，但只限于云南等少数地区，而且零星分散。20世纪六七十年代不少地区曾搞过高接，由于成活率和保存率都很低，其成效甚微，嫁接方法各地也不尽相同；20世纪80年代国家组织了科研攻关，终于使成活率稳定在85%以上，嫁接方法也趋向规范。特别是近几年在河北等地的推广实践，高接技术得到了进一步提高和完善，使成活率稳定在90%以上。为了充分利用我国现有的大量核桃实生树资源，进行改劣换优，加快核桃良种品种化栽培的进程，对于高接技术的科学化、规范化是非常必要的。为此，特制定本细则。

1 高接前的准备

1.1 砧木

（1）适宜进行高接改优的砧木树龄为5～30年，老龄树经过更新复壮后高接。

（2）砧木生长的立地条件较好，有利于栽培管理。

（3）对准备高接的核桃树进行调查，凡符合高接要求的砧木要登记编号，以便配置主栽品种和授粉树。

（4）砧木应该是生长发育健壮，具有明显的主干和主枝。

1.2 接穗

1.2.1 接穗质量

接穗是高接成活的重要关键，只有用作接穗的枝条和枝条上的芽是有效的，才有可能接活。

接穗必须采自国家和地方通过鉴定的优良品种，确保纯正，采穗母树发育正常。选择生长正常、枝条发育充实、髓心小、芽体饱满无病虫害的发育枝、徒长枝、二次枝和长结果枝，其所剪下的枝条中部的直径为1.2～1.5cm。

1.2.2 采穗的时期

由于核桃树在休眠期采剪接穗有伤流，为了减少伤流对母树生长的影响，一般在晚秋落叶前后和春季芽萌动前进行，但以落叶前后最好，这时采剪的接穗不仅枝条新鲜，而且有效芽也多；而春季采的穗由于经过寒冷的冬季，常造成枝条含水率降低和有效芽减少以及冻害等，对高接成活率有一定的影响。大体的时间是晚秋后10月下旬至11月上旬；春季是2月下旬至3月上旬。

1.2.3 接穗的保管和处理

接穗的保管和处理与室内嫁接接穗相同。

1.3 物料准备

1.3.1 嫁接工具

按3人一个嫁接组，所必备的嫁接工具有：嫁接刀（或电工刀）两把、鱼头锯1把、枝剪两把、铁锹1把、小土铲1把、1.5m高的人字梯1个或板凳1个。

1.3.2 包扎材料

高密度塑料袋，或保鲜袋，其规格可根据砧木大小的状况准备3种，长25cm，分别宽10cm、15cm、18cm，前两种可多些。4.5～6.0cm的果树伤口专用胶带，或麻袋、塑料绳、废报纸，并截成8开大小。

1.3.3 其他物料

带提梁的塑料桶1个，湿麻袋片1片，装水的小水桶1个或罐头瓶1个，细磨石1块。

2 高接技术与步骤

2.1 高接时期

2.1.1 高接的几个适期

由于各地气候条件差异较大，核桃树发育的早晚也不一样。所以，一般用核桃树生长发育的状况来确定高接时期。

(1) 从芽的萌发到展叶。

(2) 以雌花出现突起到明显区分出子房和柱头，但柱头尚未反曲。

(3) 雄花穗开始膨大伸长到散粉之前。

2.1.2 具体嫁接日期的确定

可根据当地的气温状况而定，当日平均气温稳定在10℃以上时可开始嫁接。以河北为例，南部的涉县从4月中旬至4月下旬，北部的涞水、易县从4月上旬至4月中旬；再如河南可提前到4月上旬；辽宁可延迟到5月中旬。

2.2 嫁接方法与步骤

2.2.1 嫁接方法

采用插皮舌接法，此法方法简单，容易掌握，也比较规范。目前已在全国各地应用，效果比较好。

2.2.2 高接部位与嫁接头数

（1）高接部位的确定。高接部位要根据砧木的树龄、树体的大小、主干和主枝的粗度及是否有利于高接作业等而定。一般单头高接在干高 1.0～1.5m 处进行，多头高接最好控制在 2.5m 以内，过高时嫁接作业和接后管理等都比较困难。

（2）嫁接头数确定。嫁接头数要根据砧木的主干和主枝的粗度而定。主干干高 1.0～1.5m 处的直径为 5～12cm 时，可在主干上进行单头嫁接；主干直径在 13cm 以上时，因为砧木断面过大，愈合比较困难，不宜进行嫁接。而主枝距基部 20～40cm 处的直径超过 5cm 时，可在主枝上进行多头嫁接，并选择树冠的不同方位和不同层次的生长发育健壮的 2～6 个主枝进行嫁接。

2.2.3 砧木处理和削切接口

（1）断砧。接头确定以后，在主干或主枝的平直光滑的部位将砧木锯断（俗称断砧），将断面削平而且光滑。如果是在主枝上进行多头高接，断砧的部位距主枝分枝处，也就是距主枝的基部不能太远，一般在 40cm 以上。

（2）“放水”处理。由于核桃树高接时，接口常出现伤流现象，致使接口很难形成愈合组织，影响成活。因此，高接时砧木要进行“放水”处理，使接口不出现伤流。所以，“放水”处理是核桃高接成活的关键措施之一，务必做好。“放水”一般是在断砧后接着就进行，如果是在核桃树的伤流不严重时，也可在接完一株树后对砧木进行“放水”处理。

“放水”的方法是在砧木的主干上距地面 20cm 处开始，锯 3 或 4 条斜向的、互相错开、呈螺旋状的锯口，深达木质部内，其深度为主干直径的 1/4～1/3，树干粗的可深些，细的可浅些，如 5d 后仍发现接口有伤流，再进行一次“放水”处理。

（3）削切接口。首先根据砧木的粗细确定接穗的数量，一般为 2～4 根，并按等距分布在不同的方位，接着将接口部位的砧木老皮削掉长 6～8cm，使内皮厚度保留 1.0～1.5mm。然后在削去砧木老皮的上端，再削一个宽 3～4mm 的月牙形的斜面，并在月牙形斜面下边的中间部位纵切一刀深达木质部，纵切口长 0.5～1.0cm，挑开两侧的皮层。

2.2.4 接穗的处理及削切接穗

（1）首先检查接穗及其芽子是否完好，将挑选好的接穗剪截成 12～15cm 长的枝段，每个枝段上要保留 2 或 3 个芽，并在基部一个芽的下方留出 6～8cm 长用以削切面的部位。

（2）削接穗要按接头逐个进行，做到一个接头上的接穗长短要一致。

（3）削切接穗的切面时，开刀的位置应在下边 1 个芽的背面。削成 6～8cm 长的马耳形切面，切面厚度为 2～3mm，并掀开切面背后的皮层。

2.2.5　插接穗

（1）将削好的接穗切面的木质部插入砧木切口的皮层中，使接穗的皮层正好盖上砧木的纵切口和形成层。

（2）插入接穗的深度要适宜，要把接穗切面的木质露出 3～4mm，俗称“露白”。

2.2.6　绑缚套袋

（1）插完接穗后，立即用果树伤口专用胶带，规格为 4.5～6.0cm 宽，或用麻皮、塑料绳等将砧穗粘牢或绑牢。

（2）用 1 或 2 张比砧木断面稍大的圆形或方形用水浸湿的报纸，盖好断面和接口，以防湿土侵入露白的部位，影响愈合组织的形成。

（3）用一层 8 开的报纸在接穗及接口的周围卷成圆筒状，上端高出接穗 4～5cm，下端在砧木上绑牢。然后在纸筒内装入湿润细土（手握不成团），边装土边用筷子或木棍等在袋内插动，以防袋内有空隙，要求土一定要装实，装至土埋没接穗 2cm 厚即可。

（4）在纸筒的外面套一相应大小的高密度塑料袋或保鲜袋，下口在砧木上绑紧，如果塑料袋粗，与纸筒的间隙较大时，可在塑料袋上再绑 2 或 3 道，使塑料袋与纸筒密接即可，注意不可绑得太紧。

3　高接后的管理

高接后的管理是高接技术的重要组成部分，直接影响着高接的成活率和保存率，还影响着接芽的萌发和接枝的正常生长，所以一定要做好。

3.1　砧木枝（芽）的处理

高接后在砧木的主干和主枝上剩下的所有枝条都应剪除。剪时要靠近基部不留桩。

高接后 20d 内萌芽的砧木枝（芽）要及时剪除，一般剪除 3～5 次。

在高接 20～25d 后，凡已确认接穗死亡的植株，其萌发的砧枝，可选择发育健壮的，着生位置适宜的 1 或 2 个加以保留，以便将来补接。

3.2　放风

所谓放风，就是当接芽成活萌发抽出新枝时，逐渐将接头上套的塑料袋，在适当位置打开一些小孔或打开上口，使其通风透气，以促进接枝正常生长。这项工作进行的好坏，对嫁接成活和接枝生长影响很大，放风过早，已萌发的接芽会全部死亡；放风过晚，会使接枝严重黄化、弯曲、日灼，甚至死亡。在实践中，放风也是高接技术中不好掌握的难点之一，务必认真对待。

3.2.1 放风的时期

开始放风的时期，大体是高接后的 20～25d 左右，开始放风的主要标志是接枝开始伸长，并且套袋的顶部或侧方见到绿色的复叶时。

3.2.2 放风的方法

（1）局部开口放风。注意观察侧方和上方只要有绿色接枝伸出湿土或拱出袋内的报纸时应及时放风。如接枝位于侧方，可在距接枝顶部的上方 2～3cm 处将塑料袋开一个小孔；如接枝在上方，可在接枝的正上方开一个小孔。

（2）全部放风。当接枝伸长 10cm 以上时，全部打开上口，侧方的小孔也相应放大。当接枝生长到 30cm 以上时，结合立支架，可将塑料袋全部去掉，但报纸和土暂时保留。

3.3 绑支架

所谓绑支架就是在嫁接成活的砧木主干或主枝上绑缚相应数量的竹（木）竿，用以支撑接枝。绑支架的主要目的是防止接枝经风吹后从接口部位劈裂和接枝弯曲下垂。

绑支架的方法和要求

（1）支架要选用直径 2～3cm，长 1.5m 的竹竿或木杆。

（2）绑支架的时期是接枝长到 30cm 左右时开始进行。

（3）绑支架的数量原则上是 1 个接枝绑 1 个。如接头粗、成活接穗多，也要在不同的方位绑两个即可。多头嫁接的，可 1 个接头绑 1 个支架。

（4）支架要牢固地绑在砧木的主干或主枝上，至少要在上、下绑两道绳。绳子要用结实的麻绳或塑料绳。

（5）根据接枝的数量，在支架的不同部位固定相应数量的绳子，然后呈横"8"字形将接枝拦住，必要时在上边再拦一下，或者将原来的往上移一下位置。切忌将多根接枝绑在一根支架上，更不能把接枝和支架绑的太紧。

3.4 解绑

嫁接成活后，接枝生长十分迅速，对于嫁接时绑接穗、报纸、塑料袋的 3 层绑缚材料，要及时进行解绑，否则会把接枝基部勒成槽，有时勒得像绳子长到接枝里边拿不出来，严重影响接枝的生长，甚至将接枝勒断。解绑的时间一般在 5 月中旬至 6 月下旬，解绑的方法是用小刀将绳子割断即可。

4 高接树的管理

4.1 高接树当年的管理

4.1.1 摘除雌花

为了集中营养促进接枝生长，凡接枝顶部出现的雌花一律摘除。

4.1.2 疏枝

对于原接穗和接枝基部萌发的新枝，有时数量较多，在生长期间及时将过密

的、交叉的、重叠的、下垂的、细弱的和着生位置不好的枝条疏除。如急需大量接穗时，可酌情保留一部分。

4.1.3 接枝摘心

对于保留的生长过旺的接枝，当生长到 50～60cm 尚未封顶时，应进行摘心。摘心可以起到促壮接枝和扩大分枝的作用。

4.1.4 防治虫害

主要对食叶害虫，如刺蛾、舞毒蛾、水青蛾、木獠尺蠖和金龟子等。此外，如发现有蚧壳虫类的害虫也要在春季及时防治。

4.2 第二年的管理

开始选留和培养主、侧枝：结合采接穗在不同方位选留 2～6 个主枝，侧枝在夏季摘心和疏枝时选留。

摘心：主要是对生长过旺的新枝和二次枝进行摘心。

病虫害防治：继续注意防治病虫害。

4.3 第三年以后的管理

继续培养主、侧枝。接枝如果发育正常，其树冠可以恢复到高接前的程度。

从这一年开始，对高接树要进行常规的管理，其主要内容有整形修剪、除草松土、施肥灌水、防治病虫害和果实采收等。

核桃优质苗木芽接技术要点

1 健壮核桃砧木苗的培育

1.1 苗圃地选择

苗圃地要选交通便利、地势平坦、光照充足、土层深厚、肥沃、通透性良好、有灌溉和排水条件的壤土或沙壤土。

1.2 苗木培育

1.2.1 种子的采收

种子采自健壮的核桃母树，坚果要充分成熟，种粒饱满，无病虫害。

1.2.2 种子处理

秋播的种子不用处理直接播种；春播的种子需要进行沙藏或用水浸曝晒法处理。

（1）沙藏。在入冬以前进行，沙藏沟在阴凉高燥处，沟深 1m，宽 1.5m，长度视种子多少而定，沙子湿度以手所握成团，松开即散，手湿但不滴水为度，将核桃种子与沙子分层铺放，直至距地面 15cm，上面再铺沙与地面平，然后用土堆起高出地面 20cm 的土堆，沙藏沟内每隔 1.5m 埋一通风的草把。沙藏期间，冬季每隔 30d 检查一次，土壤化冻以后每隔 5～7d 翻动检查一次，以免种子霉烂。

（2）水浸曝晒。在播种适宜期前 7～10d，将种子置于容器中用清水浸泡，每天换水，5～7d 时，选晴朗、气温较高的天气，在上午 11 时左右将种子取出沥干水薄薄地摊在地面上曝晒，至下午 2～3 时大部分种子会沿缝合线开裂，将开裂的种子捡出，未开裂的种子继续浸泡，第二天以同样的方法继续曝晒。经过两次曝晒，好种子基本上都能开裂，开裂的种子可直接播种。

1.2.3 播种

（1）播种前的准备。秋季播种的苗圃地播前每亩施 4000kg 农家肥和 50kg 过磷酸钙作基肥，深耕 20～30cm，作畦后即可播种。春季播种的在秋季施肥深翻的基础上，春季要再浅耕一次，然后整平、做床（畦）。

（2）播种时间。秋季播种在土壤结冻前的 10 月底至 11 月下旬；春季播种在土壤解冻后的 3 月底至 4 月中旬。

（3）播种方法。播种采用开沟点播的方式，沟（行）距 50cm 左右，沟深 7～9cm，种子之间的距离 15～20cm，播种量是 6700～8900 粒/亩。播种时坚果的缝合线与地面垂直，种尖指向与地面平行，覆土深度 4～6cm，覆土后稍加镇压，播种后立即浇水。

1.3 苗期管理

1.3.1 苗期水肥等管理

苗木出土过程中，视土壤湿度情况及时浇水并防止日灼，苗出齐后追施一次速效氮肥（尿素 10～20kg）并浇水，6 月至 7 月底之间再追施两次速效氮肥。根据情况及时中耕除草和防治病虫害。雨季积水时排水防涝。

1.3.2 砧木苗的断根处理

7 月中下旬，即苗木迅速生长期对苗木进行断根，断根的方法是采用断根铲（或直锹）将砧木主根在地下 20～25cm 处切断，断根后立即追施了一次尿素并灌一次透水（补充营养并沉实土壤）。

2 采穗圃的建立与管理

2.1 采穗圃的建立

采穗圃建立一般通过两种方式，一是栽苗建立采圃穗，一是通过嫁接苗留圃改造成采穗圃。

通过栽苗建立的采穗圃栽植密度为（1.5～2）m×（3～4）m。栽植前挖定植穴规格为 80cm×80cm×80cm，每穴内施人有机肥 10～15kg，过磷酸钙 0.5kg。

留圃苗改造的采穗圃一般密度为（0.75～1）m×（1.5～2）m。

密度较小采穗母树的树形一般采用开心形或主干形，高密度采穗圃则采用丛状整形。

2.2 采穗圃的管理

2.2.1 土壤管理

(1) 施肥。秋季落叶前，每亩施有机肥 4000kg，春季萌芽前，施氮、磷、钾复合肥 30kg/亩；芽接采穗后，追施速效氮肥 20kg/亩。

(2) 灌水。每次施肥后灌一次水，平时根据旱情适时灌水。

2.2.2 枝条管理

摘心：早实核桃品种结果早，侧枝结果能力强，枝条结果比例高，春季生长出的新梢一般都会结果，结果后绝大多数都难以再抽生出二次枝，接穗产量低。春季当枝梢长到 4～8cm 长时摘心，除去了枝条顶端优势和雌花，能够有效地促进二次枝提早萌发进而成长为发育枝。

2.3 采穗方法

芽接采穗根据各地芽接开始的时间不同而异，河北中南部从 5 月下旬开始分批采剪，先剪母枝上部生长健壮和较长的接穗，继续培养下部较弱的接穗，当较弱营养枝枝条上有效芽数量达到 5 个以上时就可以采剪。剪穗时在枝条基部保留 2 或 3 个芽。秋季采穗从落叶后到结冻以前进行，采穗时将树上所有发育枝全部采净，每个枝条基部保留 2 或 3 个芽，以备来年萌发新枝。

3 芽接技术

3.1 嫁接时期

5～6 月降水较少地区或接后当年准备出圃的，适宜的嫁接期是 5 月下旬至 7 月上旬；接后当年不出圃或 5～6 月是梅雨季节而 7～8 月降水较少的地区，适宜的嫁接期是 7 月下旬至 8 月下旬。

3.2 砧木的预处理

砧木健壮，生长旺盛，形成层活跃，是加快嫁接愈合速度，提高成活率的重要因素之一。嫁接前 20～25d，开始采取措施，促进旺盛生长，具体措施是：嫁接前 20d 每亩施入尿素 15kg，肥后连续浇两次水，嫁接前 3d 或 4d 再浇一次水，将砧木的生长发育活动调整到最活跃状态。

3.3 嫁接技术

3.3.1 接穗采集

接穗采自采穗圃内或品种纯正健壮的母树上，采后保留 1～2cm 叶柄，去掉复叶，洒水，放置到地窖或背风阴凉处，接穗上洒水并覆盖湿麻袋或湿草片保湿降温，一次采穗嫁接 1～3d，有冷库的最多可使用 5d。

3.3.2 嫁接

采用方块芽接。接芽选用接穗中上部木质化或半木质化无芽座或芽周围比较平坦的饱满芽。先用芽接刀在芽上、下方分别横割一刀至木质部，然后再在芽两侧分别垂直纵割一刀，取下芽片。选择距地面 10～20cm 范围内、表皮光滑无疤

结、直径在 0.8cm 以上的砧木，在欲接部用芽片对等一下，确定位置后先上下横割两刀，然后在一侧纵割一刀，用刀挑起皮层，约与芽片宽一致时，将皮块撕下，迅速贴上接芽，最后用薄膜将嫁接口绑严，只露接芽。为防止因降水和伤流引起的嫁接口积水，砧木上要割出“排水道”，即在砧木接口一侧纵割一刀时向下要超过接口部位 3cm，使刀口露在绑缚的塑料薄膜以外。接完后砧木在接芽上方保留 3 或 4 片复叶截干。

3.3.3 抹芽、截干

5～7 月嫁接的，接后 12～15d 开始，抹除砧木上的萌芽，接芽开始萌动后，在接芽上方保留 2～3cm 砧木截干。接芽萌发长至 2～3cm 时，在嫁接部位背后割开绑条。接芽新梢长到 30cm 以前，经常检查并及时抹除砧木萌芽。

8 月上旬至 8 月下旬芽接的当年不萌发，接后不剪砧、不去绑，来年春季萌芽后从接芽上方剪砧，并解除绑缚的塑料薄膜。

3.3.4 摘心

8 月底至 9 月上旬，对苗木进行摘心处理，停止高生长，刺激加粗生长和营养积累，提高苗木的成熟度和粗度，提高苗木等级。

3.3.5 肥水管理

接后 15d 左右，视土壤湿度情况浇一次水，接后 20d 到 8 月上旬追施 N、P、K 复合肥两次，施肥量是 25kg/亩，同时结合施肥并根据土壤墒情浇水 3 或 4 次。

4 起苗

不论秋栽还是春季栽植，核桃嫁接苗必须起苗进行假植，起苗时间是在苗木落叶或叶片因霜害全部变黑以后进行。

4.1 手工起苗

一般用铁锹，起苗时开较大盘，苗木主根保留 25cm 以上，侧根保留 20cm 以上，根系不能有劈裂现象，苗干和保留的根系不能产生硬碰伤。

4.2 机械起苗

机械起苗犁刃的深度要定在 30cm 以上，起出的苗木基本保持全根系。起出的苗木分清并标记好品种，每 30～50 株一堆，立即就地进行临时假植，不能将根系长期裸露在外。

5 假植

嫁接成品苗假植是苗木越冬工作的重要一环，假植可以在假植沟内，也可以在地窖中假植。

假植沟假植：假植沟要选在背风向阳的地方，沟深 100cm，宽 100～150cm，沟长视苗木多少和地形而定。假植时苗木单层倾斜摆放，用湿沙培根，层与层之

间根系也要用湿沙隔开。上边再用潮湿的细土埋至苗干的 1/3。如果假植用的沙和土湿度不够，也可以向假植沟内灌水。土壤结冻以前，用玉米秸等将假植沟盖严，防止苗干抽条。

地窖或地下室假植：在地下先铺 5cm 厚的一层湿沙，然后将苗木单层倾斜摆放，用湿沙培至苗干的 1/4～1/3。由于地下室或地窖湿度较大，温度比较稳定，保存的苗木含水量和新鲜程度都比假植沟的要好。

6 包装、运输

远途运输、邮寄和托运苗木需要进行保湿包装，1d 内能到达目的地的近途运输可以不进行保湿包装，但苗木装车后根部要喷水增湿。不论近途还是远途运输，装苗后都要用苫布或塑料布盖严，不能透风。

保湿包装：苗木每 30 株一捆捆好，根部蘸泥浆或保水剂，苗木的下半部用塑料薄膜包扎，然后装入编织袋内捆好，这种包装适合大批量苗木长途运输。如需要邮寄或托运，蘸泥浆或保水剂后，要用塑料膜将苗木全部密封包装，然后用编织袋包严。

秋季运苗要在结冻以前，春季运苗要化冻以后，运输过程中的气温不能低于 0℃。

美国黑核桃播种育苗技术要点

美国黑核桃是一个优良的果材兼用树种，目前在我国北方地区已经开始广泛引种，并获得成功。为了更大规模的发展黑核桃生产，首先迫切需要大量的优良种苗和技术，但是众所周知黑核桃种皮坚硬，是一个长期休眠的种子，必须经过层积催芽处理，才能正常发芽和生长，而且目前其种子价格十分昂贵，应采用集约的种子处理和育苗方式。因此，我们在总结 3 年黑核桃育苗工作的基础上，特制订了黑核桃播种育苗技术要点，供生产参考。

1 种子处理

1.1 种子品质检查

黑核桃种子在层积催芽前应进行种子品质检查。随机抽取 3 份种子，每份 100 粒，测定其百粒重（可折合千粒重），再随机抽取 3 份，每份 30～50 粒，砸开种皮，用感官鉴定种子的空瘪粒度（饱满度），通过气味和滋味等鉴别种子的新陈（优良度），记载检查结果。

1.2 层积前种子预处理

黑核桃种子层积前需经冷水浸种，用超过种子体积 3～5 倍的冷水浸种 5～6d，每昼夜换水 1 或 2 次，每次换水时要充分搅动种子，尽可能洗净种子表面残

余的果皮，浸种的最后一天，将有效成分为 25%的多菌灵配制成 1/2000 的药液浸种，浸种后要用清水冲洗，并立即进行层积催芽。

1.3 层积催芽

用新鲜锯末或河沙按种沙+锯末体积为 1：3 的比例与种子混合。锯末需筛去杂物和尘土，河沙需筛去石粒和杂物。锯末加水量为其气干重的两倍，沙的加水量为干沙重的 14.46%（需要测量）。水分与间质必需充分混合均匀，呈湿润散落状态。按上述种子和间质的比例将浸种洗净的种子与间质混合均匀。催芽室的温度应保持在 0～5℃。为便于检查和避免发热腐烂，层积时每个包装含种子 25kg，将混有间质的种子装入塑料集装箱中，用锯末做间质时包装箱的堆积不要超过 3 层；用河沙做间质时包装箱不能挤压堆积；也可直接堆在冷室地面上，但堆积高度不能超过 80cm。层积期间前两个月，每隔 30d，打开包装，全面翻动，检查种子裂口、萌动、感染、腐烂等情况；检查间质含水量，并适当通气、散热，然后封闭包装；第三个月，每隔 5～7d 就得检查一次。层积期间每天观测并记录冷库温度和种子包装内部的温度。发现超过或低于规定的温度，应及时调整，并检查种子状况，针对问题及时妥善处理。黑核桃种子层积催芽时间最好是 150d，最低不能少于 90d。

2 育苗

2.1 秧床育秧

4 月中下旬或 5 月初取出萌动或裂口的种子，分别播种到育秧床上。育秧床应选在靠近水源，背风向阳，排水良好的沙壤土上。作成长 5cm 的低床，床面深翻 15cm，灌足底水，如果土壤较黏，应掺入河沙。床面设置覆膜和遮阴用的支架。平行床面短边开沟，沟深 3～4cm，沟间距 5～7cm。点播时种子的缝合线垂直地面，种尖统一朝南，每米播种沟点播 20 粒。覆土 2～3cm，适当镇压。播后根据气温变化覆膜或盖苇帘，以保持床面温度在 25℃左右。根据表土的水分状况，适当喷水。播后 20d 开始陆续发芽，当胚芽刚一出土叶片尚未展开时，及时移栽。

2.2 圃地选择和整备

选择土层深厚肥沃的沙壤土，pH 值 7 左右，秋耕（或春耕）20～25cm，平整后作成长 20m 的育苗床，每床施入腐熟的有机肥 200～300kg，浅翻 10～15cm 使肥土混合均匀。平整床面，按行距 30cm，株距 15cm，平行于苗床的长边，划线定点，每床（40m²）播种 888.8 株。

2.3 黑核桃播种技术要点

2.3.1 播种前的准备工作

（1）育秧床的选择。育秧床选择靠近水源，背风向阳，排水良好的沙壤土，取其表土装入塑料袋中。

(2) 育秧容器。塑料袋规格直径×高=10cm×15cm

(3) 育秧床的播前准备。床面深翻、平整、浇足底水、上面垂直摆入装满土的塑料袋，并浇足底水。

(4) 其他。在播种前准备好遮阴设施和灌溉设施。

2.3.2 种子摆放方式

在种子摆放整齐的前提下，缝合线垂直地面，种子摆入容器的北面而种尖一律朝南。

2.3.3 覆土方式

播种后选用细致的沙壤土在种子上覆盖 5cm，注意覆盖后要适当镇压。

2.3.4 播后管理

播种完毕后，需立即遮阴，保持床面温度不超过 25℃，并即时根据表土水分状况适量喷水。

2.3.5 炼苗方法

播种后 20d 左右，估计达到出苗高峰期当胚芽出土量 75%时进行最初的炼苗（原则上是去除或部分去除遮阴装备，以先黑天后白天、先早晚后全天、先短时后长时原则），当 50%已出苗的真叶展开时移入大田。

3 移栽

胚芽刚出土时胚根即已伸长达 10～15cm 并开始长出侧根，及时取出幼苗，切去主根尖端平放到湿润阴凉的容器中，立即栽植到苗圃。将带有完整种子的幼苗，按规定的株行距开沟移植，幼苗的栽植深度应使幼苗上的种子处于地表以下 5cm 左右，覆土掩实。移植完一床后立即灌水。待土壤墒情合适时浅松土保墒。

4 播种苗的田间管理

黑核桃的种子储藏营养非常丰富，移栽后的缓苗期不要施肥，6 月末和 7 月中下旬各追施一次含氮、磷 、钾 的复合肥，每床沟施 600～900g，进入 8 月停止追肥。黑核桃喜水耐旱，育苗地的土壤含水量不应低于田间持水量的 60%，8 月中旬后苗木开始封顶，应减少灌水，促进苗木木质化。当年生黑核桃播种苗易遭干热风危害，其症状是苗木叶片边缘灼伤、卷缩、变黑、干死，但一般不会影响全叶，如有喷灌设施，应喷水预防。黑核桃较少病虫害，但在 6 月中旬和 7 月下旬易遭金龟子成虫危害，可采用傍晚喷药，清晨捉拿的方法除治。

5 苗木调查和出圃

黑核桃适于用一年生苗木造林。10 月中下旬按抽样 5%的规定调查移植苗成活率，逐株调查苗高和地径，作出产量和质量的统计。

黑核桃苗木适于春季起苗，根据土壤解冻情况，按常规起苗包装。

枣树嫩枝扦插育苗技术要点

枣树是我国第一大干果树种，至今已有3000多年的栽培历史。枣果的营养和药用价值很高，具有重要的经济价值。目前除黑龙江省、吉林省之外，全国各地均有栽培。为了大规模发展枣树生产，快速繁殖优良品种苗木，枣树绿枝扦插是良种繁育的重要途径之一，它不仅解决了市场开发急需的一些优良品种苗木，而且还能使优良品种的品质完善地保存，同时也为根段繁殖提供自根苗。因此，特制定了枣树嫩枝扦插育苗技术要点，供生产上参考应用。

1 枣树的嫩枝扦插育苗技术规程

1.1 扦插材料的准备

插穗的采集时间最好选在阴天或早晨（上午10点以前）。选取采穗圃内生长健壮、生理幼化的母树上采半木质化的枣头和永久性二次枝作插穗，最好剪取枝条的中、下部，不选用幼嫩多汁的嫩枝或枝条的梢部。插穗要具有3或4芽，长度为15～20cm，下端在芽子的背面剪成马蹄形剪口，去掉插穗下部叶片，保留中、上部叶片（每个插穗保留10片叶以上）。

1.2 插床的准备

插床可选在地势平坦、光照条件较好的苗圃地内。苗床中央安装间歇喷水装置，外设高1.0m塑料拱棚，拱棚上方0.5m处设置遮阳网，苗床内透光率大约为70%左右。有条件的可建塑料温棚，塑料温棚内采用自动喷雾装置，控制系统为水分控制仪和水干湿感应器，水源可用生活自来水，有条件可加装水塔，以备停水使用。

苗床的长、宽可视扦插量的大小而定。基质采用河沙和营养土混合基质或腐熟的牛粪和生黄土，混合比例为2∶1，基质铺设厚度20cm，扦插前用0.5%的高锰酸钾溶液消毒处理。

1.3 嫩枝扦插时期

枣树嫩枝扦插的最适宜时期与扦插时的气温和采穗圃内用作插穗的枝条的木质化程度有关。如果扦插时气温达到25～28℃，用作插穗的枝条达到半木质化，即可扦插。一般扦插的时期为6月中下旬至8月上旬。

1.4 插穗处理及扦插

1.4.1 插穗处理

用NAA、IAA、IBA或ABT生根粉处理插穗（不同枣品种所用的激素种类和浓度不同，具体使用的激素种类和浓度可通过试验来确定，如有实验表明：脱毒苹果枣用2000mg/kg的IBA和NAA混合液速蘸，显著提高了其生根率及生根的数量和质量）。插穗最好随采随插，如不能及时扦插，应打捆浸入清水中，

防止水分蒸发。

1.4.2 扦插

嫩枝扦插育苗分容器育苗和插床育苗。第一批为容器育苗，将插穗直接插到容器内即可。第二批为插床育苗，扦插深度为5cm，株行距为5cm×5cm。注意将处理过的插穗即时扦插，并随插随用喷壶淋透水。

1.5 枣树扦插苗的管理

1.5.1 根系诱导阶段的管理

扦插后，拱棚内相对湿度保持在90%左右，通过喷水使基质保持一定的含水量，土壤温度保持在24～26℃，气温保持在25～30℃，透光率控制在70%左右。扦插至愈合生根前要经常喷雾，保持叶面有水珠；生根期在保持叶面和土壤湿润的条件下，适当少喷水，以利于穗条生根。在此阶段适当进行根外追肥，追肥种类有：0.4%尿素（0.1%～0.2%）磷酸二氢钾混合液或0.1%过磷酸钙、尿素等。同时应适时（每7d一次）喷施多菌灵、退菌特等药剂，以防止发生病害，而且还要及时除草。

1.5.2 炼苗和移栽阶段的管理

当容器中的扦插苗生根以后，要逐步提高透光率，减少喷水次数，进行炼苗。当容器苗扦插1个月后，即可把它移栽到苗圃内，插床育苗要等到第二年春天进行移栽。

1.5.3 归圃

（1）圃地的选择和整备。要选择离采穗圃近，最好是相邻的湿润、肥沃、深厚和光照充足的土壤作为苗圃地。圃地内施入腐熟的农家肥，掺入少量速效氮磷肥，进行耕翻，使肥土混合均匀，然后平整好。

（2）归圃。容器苗扦插1个月后，即可归圃，插床育苗扦插苗当年生长量较小，应采取留床覆盖如麦草覆盖、双层薄膜覆盖等方式越冬，等到第二年春天归圃，归圃后要及时灌水。归圃时应将枣头枝和永久性二次枝分开，避免相互影响。归圃密度每亩以8000株为宜，株行距可自行掌握。归圃时对根系修剪，保留10cm长。归圃后立即浇水，并连续浇水5次，以后管理同其他苗圃管理。

1.5.4 成品苗出圃

（1）起苗。当苗木达到出圃要求时，就要在适当的时期起苗出圃。枣树可在春季或秋季起苗。春季一般在萌芽前，秋季在落叶休眠后。为了使根系水分充足，利于成活，于起苗前1周左右浇一次透水。苗木可用铁锹或镐头挖出，在起苗时，要注意尽可能的保护根系，使之少受损伤。对于起苗时铲伤较粗的根，要用修枝剪或刀子将伤口修平。起苗时还要注意不要擦伤枝皮。对于苗木上的二次枝应留下基部1cm左右，其余部分剪除，以便于打捆包装。

（2）分级与检疫。起苗后，依据苗粗、苗高和根系的粗度及长度对苗木的质量进行分级。对于不合乎出圃标准的小苗，应继续留在圃内培育，待合格后，再

行出圃。苗木在外运前应进行严格的检疫。

1.5.5 采穗圃的管理

（1）修剪和除萌。采穗圃枣树为一个直立的中心干上直接着生枣头和二次枝，没有主枝和侧枝。其修剪分为冬剪和夏剪。冬剪主要是剪除细弱枝、病虫枝、过密枝，健壮枝条留3或4个芽子重剪。夏剪主要是摘心。如果是用二次枝作为插穗，则在枣头萌发后，对其进行连续摘心，使二次枝生长健壮。如用枣头作插穗，则将萌发的二次枝抹掉，减少养分消耗，促进枣头的生长。如果采条母树上枝条比较少，要进行刻芽。其方法是在芽子上方约0.5cm用刀或修枝剪刻一带有一定弧度的伤痕，深达木质部。在生长季节要及时除去萌蘖，减少养分消耗。

（2）中耕除草。于上一年秋季枣树落叶后到土壤结冻以前，进行秋耕，不能秋耕的可在春天土壤刚刚解冻时“顶凌春耕”，耕翻范围为全园。耕地深度为15～30cm，树冠下宜内浅外深，以免伤根过多。在生长季节雨后或灌水后要及时进行中耕除草，刨除无用根蘖，以保持树下土壤疏松，不生杂草。

（3）施肥。于上一年枣树落叶后到土壤结冻前结合秋耕施入基肥。基肥以厩肥、堆肥、绿肥、人粪尿等农家肥为主，掺入少量速效氮磷肥。枣树基肥施用量，每亩2000kg。施用方法主要是条沟施肥，其方法是在树冠外围挖1～4条宽40cm、深50～60cm的施肥沟，而沟的长度则视施肥量而定。施肥沟挖好后，施入有机肥，掺入少量的速效化肥，然后回填土壤，稍压即可。基肥施入后要及时灌水。

此外，还可于4月上旬（萌芽前）对枣树施追肥。追肥以氮肥为主，适当配合磷肥。追肥的种类有尿素、磷酸二铵、碳酸氢铵、硝酸铵、硝酸钾和硫酸钾等。追肥的施用方法有穴施、撒施和叶面喷肥。

（4）灌水。尽管枣树是抗旱性很强的树种，但当土壤过分干旱时，也要及时灌水。采穗圃浇水可以结合施入基肥和追肥进行。灌水时期有萌芽前、采穗以前、封冻水3个时期，尤其是采穗以前要随干随灌。灌水方法有渠灌、穴灌或沟灌、喷灌、滴灌等。

楸树嫩枝扦插育苗技术要点

1 种条的采集与剪截

1.1 种根采集

12月至次年2月从楸树优树上挖取种根，剪成15cm长的根段，剪口两端平齐光滑，根段粗度0.5～3.0cm，分级扎捆，每捆20～50条，放入室内进行层积处理。

1.2 苗干采集

12月至次年2月从楸树苗圃地选择苗龄1～2年、地径1.5～3.5cm、无病虫害的健壮苗，从根际处截干，将苗干按粗度分级，剪成1～1.5m长的干条，保湿沙藏。

1.3 温棚建造

建日光型温室，双层保温或单层普通大棚均可，温棚面积根据育苗规模而定，一般为240～480m^2，240m^2的温棚可供一次催生5万个扦插芽。温棚内辅设自动喷雾装置。

2 催芽处理

2.1 种根及苗干的摆放

1月中下旬至2月上中旬开始将种根及苗干移入温棚进行催芽处理。将温棚地面整平，先撒施一遍3%呋喃丹颗粒剂，杀灭地下害虫，用量为58g/m^2，然后辅一层5cm厚的纯净细河沙，用3%呋喃丹颗粒剂＋25%多菌灵可湿性粉(1∶1)的混合药剂，掺拌细沙均匀撒于沙面上进行消毒和灭虫处理，药剂处理好后，用砖将催芽床隔成1.4m宽的催芽畦。喷撒清水，将催芽畦内沙床调整到适宜湿度，即可摆放根段和苗干。根据根段苗干的不同规格分别水平摆放于床畦上，密度为根段与根段，苗干与苗干之间间隔2～3cm。最后用湿沙河覆盖，覆沙厚度为种根和苗干粗度的2或3倍，一般覆沙厚5～8cm。

2.2 温湿度

2.2.1 *催芽温度*

床畦温度是影响根段与苗干发芽和抽生幼芽的关键因素，一般床畦温度达到10℃，根段与苗干就可萌动，12℃上以开始发芽，14℃以上发芽加快，20～23℃为最佳催芽温度，超过25℃发芽开始减缓，超过30℃，发芽基本停止，超过35℃即可烧坏种根和苗干。因此，床畦温度控制在14～23℃较为适宜。

2.2.2 *催芽湿度*

床畦湿度过大，会降低畦温和透光性，易造成种根和苗干霉烂，床畦湿度过小会使种根和苗干干缩失水，难以发芽。一般以河沙含水率达到20%～30%为宜，手握成团松开即散为宜。

2.3 出芽管理

温棚催芽20～30d种根和苗干开始萌蘖发芽，出芽后主要做好保温保湿工作，使其保持在棚温15～30℃，相对湿度75%～80%，床哇温度14～25℃，湿度以含水率30%左右为宜。待萌芽长到8～10cm、3～5片叶时，即可进行扦插。

3 楸树嫩枝芽扦插

3.1 扦插温棚的建造

楸树嫩芽扦插在温棚内进行，可采用日光棚和塑料大棚，棚内安装自动微喷

系统，面积 240～480m² 为宜，具备遮阳和通风设备。

3.2 扦插基质

基质采用 30%锯屑＋60%腐熟牛粪＋10%生黄土混配而成，过 20 目筛，用 10%斯美地进行熏蒸消毒处理。方法是：将 10%斯美地液按 1∶100 兑水均匀拌入基质，药剂用量视基质量而定，一般为 150ml/m³，拌好药剂后垄堆盖塑料布密封熏蒸 7～10d，然后撤堆 2 或 3d，散去残药，即可用于扦插。

3.3 扦插容器

采用育苗穴盘，规格 28cm×54cm 50 穴，扦插密度 330 株/m²，营养杯 8cm ×8cm 255 株/m²，育苗穴盘和营养杯平摆于扦插温棚内，装满基质喷透水，供扦插使用。

3.4 插穗剪取

待根段和苗干上的幼芽长到高为 8～10cm，放出 4 或 5 片叶时，从幼芽基部剪下做插穗，幼芽最好达到半木质化。

3.5 生根激素处理及扦插方法

用 NAA 与 IBA 按 1∶2 混合，配成 500mg/L 浓度的药液，将插穗基部 2～3cm 浸入药剂 5～10s，进行速醮处理，然后将插穗及时插入育苗穴盘或营养杯内。

3.6 扦插时期及插后管理

扦插一般在 4～5 月进行。插后第一周加遮阳网（50%透光率），用自动喷雾保持叶面湿度，白天进行叶面喷水，干后开始喷雾，每次喷 10～25s，以保持叶面湿润为原则，早晨、下午少喷，中午勤喷（10min 左右喷一次），晚上停喷，扦插大棚温度保持在 20～30℃，相对湿度 85%～95%，20d 左右开始生根，当生根率达到 60%～70%时，逐渐减少喷水次数，延长喷水隔时间，用调整喷雾时间来控制喷水量。

采用上述方法扦插，处理适当，可使楸树嫩芽扦插成活率达到 90%以上。

3.7 炼苗

扦插苗生根率达 90%以上，平均每株苗根系达到 8 条根长达到 4cm 时即可进入练苗，主要措施是加强通风、减少喷水量、增加光照强度等。移栽前四天停止喷水。

4 扦插苗大田移栽归圃育苗

4.1 苗圃地选择与整地

4.1.1 圃地选择

楸树育苗应选择土层深厚、肥沃、有灌溉条件、排水良好的壤土。干旱、低洼、盐碱、地下水位高、土质黏重和病虫害严重的地块不可作苗圃地。

4.1.2 整地

一般在冬前或春季进行翻耕整地，要求深耕细耙，细致整地，结合翻耕，圃地要施足底肥，每亩施入有机肥 4～5m^3、过磷酸钙 50kg、碳铵 50kg。同时进行土壤消毒，每亩用硫酸亚铁 20kg、3%呋喃丹颗粒剂 2.5kg，均匀撒施。翻耕后即作成宽 180cm 的平畦，长度根据苗圃地块而定，一般不超过 50m，做好畦床后，梨耙，达到土壤细碎，表面平整，上松下实。

4.2 移栽

按行距×株距＝60cm×50cm，即 2222 株/亩的密度进行移栽。每畦 3 行，先挖栽植穴，后放入扦插苗，然后浇水，待水浸透后覆土。栽植深度略深于扦插根系 1～2cm。注意从育苗穴盘或营养杯中取出幼苗时，尽量保持根团基质不散裂。整畦栽完后及时用小水浇透，以后每 7d 浇一次小水，连浇 3 次，移栽成活率可达 98%以上。

4.3 移栽苗的管理

4.3.1 浇水

移栽苗在连浇 3 次保苗水后，6 月中下旬开始逐渐进入速生期，生长快，需水量也多，管理中要根据墒情，及时浇水。一般结合施肥，15d 浇一次水，至 9 月上中旬苗圃停止浇水，控长促壮苗。11 月下旬苗子落叶后，浇一次越冬水。

4.3.2 施肥

楸树苗期需肥水量大，在 6 月下旬苗子进入速生期前，土壤追施一次尿素，用量为 15kg/亩，7 月中下旬追施第二次肥，用量为尿素 25kg/亩，8 月中下旬追施磷酸二氢钾，用量为 25kg/亩，促进苗木健壮。叶面喷肥，6～7 月结合喷施农药，每 15d 喷一次 0.3%尿素营养液，8 月后改喷磷酸二氢钾，浓度为 0.5%，用量 20kg/亩，11d 喷一次，连喷 3 次。

4.3.3 病虫害防治

楸树苗期主要病虫害为楸梢螟，幼虫蛀食楸树茎干，被害部叶瘤突起。造成枯梢，严重影响苗木质量。

图 版



核桃优良品种穗条选择（芽体饱满，粗度 0.8~1.5cm）（河北涞水，2001）



砧木与接穗的捆扎（形成嫁接体）（河北涞水，2001）



嫁接体入温床愈合（砧木根系蘸生根粉，密度为 250~300 株 /m²，接穗顶端埋没 1~2cm）



嫁接体在温床萌芽情况



营养杯育苗（嫁接体移栽到营养杯内，营养杯厚度 0.08cm，直径 18cm，高 20cm。在大棚或温室进行培养）



移栽（萌芽后嫁接体直接移栽到大棚或温室，密度为 25~30 株 /m²）



营养土配方（壤土：腐熟有机肥＝4：1）（河北涞水，2001）



营养杯苗与土壤栽培苗比较（河北涞水，2001）




大棚内苗木生长情况（河北涞水，2001）




裸根苗大田移栽（河北涞水，2001）



营养杯苗移栽（河北涞水，2001）



裸根苗移栽后缓苗期的苗木状况（河北涞水，2001）



移栽后开始生长的苗木（河北涞水，2001）



两年生嫁接苗的培养（河北涞水，2001）



优良品种接穗（左：取芽前，右：取芽后）



核桃露地芽接（河南，2002）



接穗取芽方法



砧木基部取同样大小方块



接穗芽片与砧木削面紧密对齐



绑扎（采用塑料薄膜绳绑扎）







芽接愈合后接芽生长情况（接芽萌动后在接芽上方 3~4cm 处剪砧，
接芽长 2cm 时在接芽背面割断绑条）



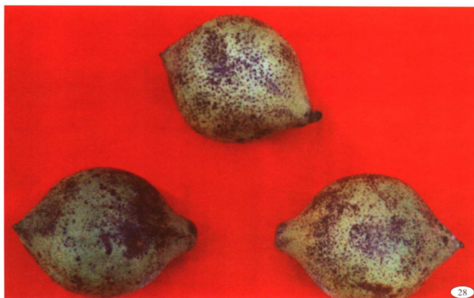
试管苗生根状况（北京，2002）



继代培养（北京，2002）



黑核桃坚果形状



黑核桃果实带皮形状（水波纹 6 号）



黑核桃大田播种育苗（河南，2001）



黑核桃人工林生长状况（河南，2001）

图版 5　黑核桃芽接技术



顶端嫩枝嫁接（32 天）（河南洛宁，2004）



顶端嫩枝嫁接（45 天）（河南洛宁，2003）



黑核桃顶端嫩枝嫁接成活后的苗木生长状况
（河南洛宁，2003）

图版6 枣树扦插育苗技术



插穗采集（河南洛宁，2002）



插穗剪切（河南洛宁，2002）



插穗药剂催根处理（河南洛宁，2002）



枣头扦插（河南洛宁，2002）



二次枝扦插（河南洛宁，2002）



扦插苗生长状况（河南洛宁，2002）



营养杯扦插育苗基质（砂＋牛粪＋锯末）
（河南洛宁，2002）



营养杯扦插苗生长状况（河南洛宁，2002）



二次枝生根状况（河南洛宁，2003）



枣头生根状况 （河南洛宁，2003）



营养杯扦插苗生根状况（河南洛宁，2003）



扦插苗归圃培育（河南洛宁，2003）



扦插苗生长情况（河南洛宁，2003）



扦插苗（侧根发达）（河南洛宁，2003）



嫁接苗（主根发达）（河南洛宁，2003）




全光照喷雾沙棘嫩枝扦插育苗（内蒙古磴口，2003）




沙棘嫩枝扦插苗大田移植（内蒙古磴口，2003）




沙棘硬枝扦插育苗（内蒙古磴口，2004）









嫩枝扦插苗生根状况（内蒙古磴口，2003）





微喷嫩枝扦插育苗（黑龙江绥棱，2002）





大果沙棘采穗圃（辽宁阜新，2004）





微喷枝扦插育苗（辽宁阜新，2004）

图版 8　金丝楸扦插技术



大树根段催芽（河南洛宁，2002）



根段催芽嫩枝生长状况（河南洛宁，2002）



穴盘扦插（50 个 / 盘）（河南洛宁，2002）



塑料杯扦插育苗（蘸药处理）（河南洛宁，2003）



温室扦插苗生长状况



穴盘扦插苗生根状况（河南洛宁，2003）



小型塑料袋容器（5cm × 10cm）扦插育苗（河南洛宁，2002）





大型塑料袋容器（40cm × 60cm）扦插苗生长状况（河南洛宁，2002）



穴盘扦插苗大田移栽



移栽 20 天后生长状况（河南洛宁，2004）



埋干催芽（河南洛宁，2003）



埋干诱导嫩枝穴盘插扦育苗



硬枝扦插（河南洛宁，2003）



硬枝扦插苗温室生长状况（河南洛宁，2003）



大田根插育苗（生长旺盛，但繁殖系数比较低）（河南洛宁，2003）









黄土区楸树生长状况（河南洛宁，2002）

图版 9 北美鹅掌楸嫩枝扦插技术



埋干促萌（形成大量嫩枝）（北京，2003）



苗干诱导出的嫩枝（北京，2003）



营养杯扦插（北京，2003）





营养杯扦插苗生根状况（北京，2003）









皮孔生根状况（明显基部坏死影响根系生长）（北京，2003）



生根状态比较（左面插穗因剪切不当造成基部坏死，影响生根进程）（北京，2003）

图版 10　中国马褂木嫩枝扦插技术



埋干促萌（形成大量嫩枝）（河南，2003）



埋干促萌（北京，2003）





穴盘嫩枝扦插（河南，2003）





营养杯扦插育苗（河南，2003）



营养杯扦插苗生根状况（河南，2003）



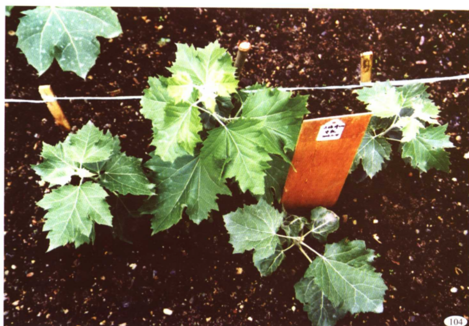
穴盘扦插苗生根状况（河南，2003）





不同种源扦插苗大田移栽（河南，2003）

图版 11　三倍体毛白杨扦插技术





埋干促萌（形成大量嫩枝）（北京，2003）



温室内小拱棚营养杯扦插育苗（北京，2003）





扦插苗生根状况（北京，2003）





生根类型（左：皮孔生根为主，少量愈伤组织生根。右：皮孔生根）



不带顶芽嫩枝生根（生根者均为腋芽部位生长出嫩枝）



不带顶芽嫩枝未生根形成愈伤组织状态
（未生根可能为腋芽部位还未生长出嫩枝，产生激素之结果）





埋干促萌（形成大量嫩枝）（北京，2003）





穴盘嫩枝扦插（河南洛宁，2004）





营养杯扦插育苗（河南洛宁，2004）





山杨嫩枝扦插苗生根状况（左：营养杯扦插苗。右：穴盘扦插苗）（河南洛宁，2004）



扦插苗木根系长度（河南洛宁，2004）



苗木大田移栽（河南洛宁，2004）